ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture du décret, en date du 3 mars 1948, publié au *Journal Officiel de la République française*, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Charles Dufraisse** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *Robert Lespieau*.

Sur son invitation, M. **Charles Dufraisse** prend place parmi ses Confrères.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Thermopsis fabacea *DC.* Note [1] de M. **René Souèges**.

Les Podalyriées et les Sophorées se distinguent de toutes les autres tribus des Papilionacées par leurs étamines libres. Ce caractère permet de les considérer comme les plus proches voisines des Césalpiniacées. Chez les Podalyriées, en outre, les feuilles sont simples ou digitées, ce qui justifie la place de cette tribu à côté de celle des Genistées. La structure générale de l'embryon, d'après L. Guignard [2], est celle des Cytises, c'est-à-dire celle des Génistées : « l'isthme qui réunit l'embryon au suspenseur serait cependant plus étroit dès l'origine sans qu'il soit possible d'établir entre eux une ligne de démarcation bien tranchée... C'est dans le *Thermopsis fabacea* que le suspenseur se montre le plus développé; il a la forme de celui du *Cytisus* ». Aucun renseignement sur la marche de la segmentation n'accompagne ces succinctes observations du célèbre embryologiste français.

On ne peut manquer d'être frappé des grandes ressemblances qu'offrent les formes embryonnaires du *Thermopsis fabacea* avec celles que j'ai déjà rencontrées chez le *Corydalis cheilanthifolia* Hemsl. [3]. Dans les deux cas, on

---

(1) Séance du 1er mars 1948.

(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 124.

(3) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 7, 1946, p. 1 à 17.

constate : 1° de grandes irrégularités dues à la direction indéterminée, le plus souvent oblique, des parois de segmentation, l'inclinaison des parois se produisant dans les plans les plus divers; 2° des variations profondes et multiples dans la structure des formes, depuis les stades les plus jeunes, et une complexité croissante dans l'ordre de succession et la disposition des blastomères. Pour bien dégager le certain de l'incertain dans le mode de construction de toutes ces formes, il convient de diviser l'histoire embryogénique du *Thermospis*, comme celle du *Corydalis cheilanthifolia*, en quatre étapes.

La première étape commence à l'œuf et va jusqu'à la formation du proembryon octocellulaire (*fig.* 1 à 5). C'est une étape très courte dans laquelle les blastomères, procédant par bipartitions successives, peuvent être aisément identifiés et dénombrés. Le proembryon bicellulaire donne d'abord une tétrade globuleuse du type B_1 (*fig.* 2), puis un pro-



Fig. 1 à 34. — *Thermopsis fabacea* DC. — Première phase (de 1 à 5), 2° phase (de 6 à 14), 3° phase (de 15 à 31) et 4° phase (*fig.* 32 et suiv.) du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur proprement dit; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou groupe cellulaire qui en dérive; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca* ou blastomères qui en sont issus; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc* ou groupes qui en tirent origine; *cg* et *ch*, cellules-filles de *ce* ou groupes cellulaires qu'elles produisent; *pd*, pédicule ou portion basale, rétrécie, de l'embryon; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *phy*, partie hypocotylée. G. = 280; 150 pour 32 à 34.

embryon octocellulaire (*fig.* 4), offrant divers aspects selon la direction des parois de segmentation et la disposition des éléments constitutifs. L'arrangement en tétraèdre des quatre éléments supérieurs issus de la cellule apicale apparaît le plus souvent d'une manière fort distincte (*fig.* 4, 7, 9).

La deuxième étape se termine au moment où 8 micromères se sont constitués aux dépens de la cellule apicale (*fig.* 6 à 14). On peut, comme précédemment, suivre aisément la

segmentation : par exemple, dans la figure 10, où l'un des deux éléments issus de *cd* vient se diviser; ou bien dans la figure 11, où *ce* et *cf*, filles de *cc*, se sont segmentées, faisant apparaître un groupe hexacellulaire dans les régions tirant origine de la cellule apicale; ou bien encore dans la figure 12, où le blastomère *cd* s'est divisé comme en 10 et a produit un groupe tricellulaire. Il est vain, dès cette deuxième étape, de chercher à déterminer avec certitude la marche des divisions dans la région correspondant à la cellule basale.

La troisième étape (*fig.* 15 et suiv.) est une période de confusion. Il n'est pas possible de déceler les règles auxquelles, au cours de cette étape, obéissent les segmentations; l'interprétation des formes devient tout à fait hypothétique; certaines même offrent des dispositions qui ne peuvent nullement être expliquées. Il en résulte : 1° que, bien souvent, il n'apparaît pas de séparation bien tranchée entre le suspenseur et le corps embryonnaire proprement dit; 2° que les destinées de la cellule terminale *ce* du proembryon octocellulaire (*fig.* 4 et 5), cellule se différenciant à la troisième génération, ayant valeur de quadrant et correspondant à une cellule épiphysaire dans les espèces qui se rattachent au type embryonomique du *Trifolium minus*, ne peuvent nullement être précisées; si cette cellule peut parfois se comporter comme une épiphyse, ce rôle peut aussi être rempli par sa fille la cellule *cg* (*fig.* 14, 15, 16, 19); 3° que la véritable origine du massif hypophysaire ne peut être déterminée; on ne peut établir d'une manière certaine la part que prend le groupe cellulaire engendré par *cd* à la construction de ce massif, ni celle qu'il consacre à la formation du court pédicule rattachant, latéralement le plus souvent (*fig.* 29, 31, 33), l'embryon au suspenseur.

A la quatrième étape, c'est-à-dire au moment où vont apparaître les protubérances cotylédonaires, seul le dermatogène se montre individualisé; la masse centrale du corps embryonnaire constitue un tissu homogène composé de cellules orientées de manière tout à fait indifférente. Aux stade de la figure 34, le périblème et le plérome donnent les premiers signes de différenciation; à la base de l'embryon, les premières cloisons tangentielles annoncent la génération prochaine de la coiffe.

Dans des considérations générales faisant suite à mes observations sur le *Corydalis cheilanthifolia*, je me suis efforcé de faire ressortir tous les rapports qu'offre cette espèce avec le *Trifolium minus*, au point de vue embryogénique. La comparaison des deux tableaux résumant, dans les deux cas, les lois du développement, a permis, à cet égard, de bien saisir toutes les analogies. Mais l'histoire du *Thermopsis fabacea* fait connaître de nouveaux termes de rapprochement, bien plus étroits, et, d'une manière plus frappante que celle du *Trifolium*, elle permet de se faire une idée des affinités d'origine que présentent entre elles certaines espèces de Papilionacées et de Fumariacées. Pour ce qui concerne sa place dans la classification périodique, c'est évidemment à la famille du *Trifolium* que le *Thermopsis* vient se rattacher; il se range dans le plus proche voisinage des Génistées ([4]) déjà examinées, c'est-à-dire du *Genista tinctoria*, de l'*Ulex europæus*, du *Sarothamnus scoparius*, espèces auxquelles il eût été aisé de le comparer aux diverses étapes de son développement, dans les descriptions qui font l'objet de cette Note.

([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 79; **225**, 1947, p. 341 et p. 776.

RAYONS X. — *Émissions nouvelles dans les spectres* $K\beta$.

Note [1] de M. **Horia Hulubei**, Mlle **Yvette Cauchois** et Mlle **Ioana Manescu**.

Les nombreuses études sur les émissions X faibles effectuées en particulier, à l'aide des méthodes puissantes d'analyse par cristaux courbés, n'ont pas épuisé ce domaine de recherches. Certains satellites mesurés pour divers éléments ne l'ont pas été pour d'autres. Bien plus, il arrive encore que l'on décèle des familles entières de raies qui avaient échappé à l'observation. Ainsi, nous avons mis en évidence des satellites $L\alpha$ [2] et $K\alpha$ [3] d'un genre nouveau. Les clichés pris par l'un de nous [3] pour rechercher ces dernières montrent de nombreuses émissions $K\beta$ faibles, connues et inconnues, parmi lesquelles un groupe du même genre (β_s) entre $K\alpha_1$ et $K\beta_1$. Ils ont été faits dans les conditions indiquées [4], pour les atomes de numéro atomique Z entre 33 et 44 inclusivement, à l'aide des éléments respectifs ou des sels ZrO_2, $SrCl_2$, Y_2O_3, RbCl et KBr. En général, un accroissement de la tension d'excitation favorise l'apparition des satellites. Il ne semble pas que l'état chimique influe fortement sur eux.

Le Tableau donne les longueurs d'onde mesurées en u.X. Les notations proposées découlent de l'examen des diagrammes de Moseley et des courbes de variation avec Z des différences de fréquence (ou de leurs radicaux) entre chaque émission et β_2, β_1, β_3, et α_1, et de leur confrontation avec les informations antérieures [5].

Il existe deux émissions de longueurs d'onde inférieure à celle de $\beta_2(KN_{II,\,III})$. Nous avons appelé la plus lointaine β'''_{II} parce que trois raies ainsi notées, signalées par nous [4] pour Cu, Ga et Ge, se placent bien sur les mêmes diagrammes; les fréquences sont supérieures à celle de l'absorption K. La plus proche de β_2 n'a pas la même nature pour les différents atomes étudiés : pour Z supérieur à 36 (Kr), il s'agit de l'émission quadripolaire connue $\beta_4(KN_{IV,\,V})$, plus ou moins pure peut-être; pour les atomes plus légers, chez lesquels $N_{IV,\,V}$ n'est pas encore constituée, il s'agit d'un satellite; nous l'avons identifié à β''' qui n'était mentionné que pour $Z < 35$. β''' est plus intense que β'''_{II} dont l'intensité relative augmente d'ailleurs quand Z décroît. Cependant β''' a fait l'objet d'une interprétation généralement admise [5] : elle serait due à une transition dans des atomes ionisés deux fois et la différence entre sa fréquence et celle de β_1, pour un atome Z, devrait être à peu près égale à

$$\Delta\nu/R = (L - M)_{Z+1} - (L - M)_Z.$$

---

(1) Séance du 1er mars 1948.

(2) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 121; *Journ. de Phys.*, **5**, 1944, p. 1.

(3) H. Hulubei, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 770.

(4) Se reporter à Y. Cauchois et H. Hulubei, *Constantes sélectionnées. Longueurs d'onde des émissions X et des discontinuités d'absorption*, Paris, 1947.

(5) Druywesteyn, *Dissertation Groningen*, 1928.

Cette relation, assez bien vérifiée jusqu'au fer si l'on prend $L_{II, III}$ pour L et $M_{II, III}$ pour M, tombe en défaut pour $Z > 26$. Il faudrait donc, soit renoncer à cette interprétation de β''', soit en admettre une autre pour l'émission, apparemment analogue, des atomes plus lourds.

Dans la région des grandes longueurs d'onde par rapport à β_1, nos clichés montrent deux émissions : l'une, la plus proche de β_1, signalée par nous sous le nom de β_0 et déjà connue pour certains de ces atomes, a été rapprochée de l'émission η mesurée par Beuthe, puis par Ford, pour les atomes plus légers et qui correspondrait à la transition interdite KM_I, possible dans des atomes perturbés. Mais les diagrammes pour β_0, complétés ici, suggèrent plutôt que ce serait une émission différente de η; comme β_0 se rapproche rapidement de β_1, les émissions désignées par Gaβ'_{II} et Geβ'_{II}, ainsi que des satellites proches de β_1 de Cu et Zn semblent se placer sur ses diagrammes; tandis que η pour $Z < 28$ fournit des diagrammes distincts. Il y aurait lieu de revoir toutes les identifications dans la région Ni-As, pour les raies de longueurs d'onde supérieures à β_1, mais voisines. Une raie nouvelle β_s, bien mesurable sur tous nos clichés, apparaît en plus de β_0 à une distance encore plus grande de β_1 : elle est généralement plus forte que β_0; nous l'avons notée β_s par analogie avec les raies $L\alpha_s$ et $K\alpha_s$, satellites de $L\alpha_1$ et de $K\alpha_1$ de fréquences plus faibles que ces raies mères. Un mécanisme que nous avons proposé pour les interpréter pourrait être étendu à $K\beta_s$: l'énergie de la transition MK servirait à produire une ionisation supplémentaire en couche M, peut-être $M_{IV, V}$, et il apparaîtrait une transition rayonnante d'énergie inférieure à celle de la transition normale.

	β_s.	β_0.	β_7.	β_6.	β_8.	β_4 (ou β''').	β''_{II}.
44 Ru..	**579,6**	*(575,4)*	*(569,6)*	(568,1)*	562,7	β_4 559,5	557,8
41 Nb..	**672,7**	669,2	662,2	660,5	655,4	β_4 651,8*	649,7
40 Zr...	**709,0**	705,1	(697,9)*	(695,9)*	691,0	β_4 687,6*	685,6
39 Y....	**747,7**	*(744,2)*	*(736,7)*	(734,7)*	730,0	β_4 726,3	724,6
38 Sr...	**789,5**	*(786,5)*	*(778,6)*	(776,2)*	772,0	β_4 768,3*	766,5
37 Rb..	**834,8**	*(831,8)*	824,2	(821,7)*	817,6	β_4 813,8	811,8
35 Br...	**938,4**	934,8	927,8	925,0	920,9	β''' 917,5	915,8
34 Se...	**997,5**	993,8	986,9	983,4	—Pb$L\beta_{1,2}$	β''' 976,6	975,0
33 As..	**1061,9**	1058,9	1051,6	1047,5	1044,4	β'''1041,7	1040,1

En caractères gras : émissions nouvelles. En caractères ordinaires : premières mesures d'émissions connues. En italique : nouvelles mesures d'émissions connues. Nombres notés avec astérisques : coïncident avec les valeurs admises, à la précision des mesures.

Une interprétation analogue pourrait être envisagée pour β_6, émission multiple voisine de β_5 vers les grandes longueurs d'onde, à peu près aussi intense qu'elle, qui serait alors à considérer comme satellite de β_2, de fréquence plus faible. Les écarts de fréquence suggèrent encore que l'ionisation supplémentaire pourrait être produite dans $M_{VI,V}$; mais il resterait à comprendre pourquoi les différences d'énergie entre les transitions normales et les *transi-*

tions diminuées, dans l'atome Z, sont supérieures aux niveaux $M_{IV,V}$ de l'atome Z + 1. D'autres transitions *diminuées* sont peut-être plus plausibles.

F. Bloch et P. A. Ross ([6]) ont attiré l'attention sur les variations d'intensité du fond continu entre β_5 et β_1 ; une courbe obtenue par eux pour le molybdène au spectromètre à deux cristaux montre une variation en échelons et leur sert de départ à une interprétation théorique. Nous avions également remarqué les discontinuités d'intensité dont il s'agit; mais la présence d'échelons d'intensité dans le rayonnement continu n'exclut pas celle de raies à maxima prononcés qui s'y superposent. On peut s'étonner qu'elles n'aient pas été retenues par Bloch et Ross; les deux composantes de β_6 que nous avons mesurées pour Mo ([4]) se situent sur les deux gradins de la courbe de ces auteurs. Le pouvoir de résolution sur les spectres dont nous donnons la mesure ne suffit pas pour l'étude du fond continu, ni pour la décomposition de β_6. Mais les clichés sont très bons pour la mise en évidence des raies les plus faibles. β_7 est moins forte que β_6. Entre β_6 et β_7 apparaît un maximum large, difficile à pointer.

L'émission β_8, signalée par nous pour Mo, Rh et Ge, plus proche de β_2 que β_5, est très nette pour les autres atomes étudiés ici. β_9, signalée pour quelques éléments ([4]), se placerait dans un minimum de l'intensité du fond continu et n'est pas mesurable. β_{10} disparaît dans l'élargissement de β_1 fortement surexposée.

Les raies β_5 de As, Se et Br demanderaient une nouvelle mesure de précision.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Maurice Parodi intitulé *Introduction à l'étude des réseaux électriques*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Charles Laubry** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Daniel Routier intitulé *Le fond d'œil des hypertendus et des cyanosés*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Walter Sydney Adams** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire, extrait des *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, et intitulé *Early days at Mount Wilson*, dont il est l'auteur.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Jean Wyart**, **Jean Laval**, **Emmanuel Grison**, **Raymond Hocart**, **Philippe Olmer**, **Jean Rose**, **René Faivre**, sont désignés pour représenter la France au Congrès que tiendra l'**Union Internationale de Cristallographie** à Cambridge, Massachusetts, en juillet 1948.

([6]) *Phys. Rev.*, **48**, 1935, p. 884.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ralph Chase Huston. *A Correlation of Some Physical Properties of Alkanes and Alkenes.*

2° Heinrich Brandenberger. *Numerische Berechnung der Spannungsverfestigung beim Kaltrecken und Kaltstauchen. — Neue Ergebnisse auf dem gebiete der Material-forschung. — Neue Grundlagen der Materialprüfung und der Festigkeitslehre.*

ALGÈBRE. — *Condition suffisante pour l'égalité des longueurs de deux chaînes de mêmes extrémités dans une structure. Application aux relations d'équivalence et aux sous-groupes.* Note de M. **Robert Croisot**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit une structure S et, dans cette structure, deux chaînes de longueur finie de mêmes extrémités : $A_0 > A_1 > \ldots > A_\alpha$, $B_0 = A_0 > B_1 > \ldots > B_\beta = A_\alpha$. Construisons, à l'aide des intercalaires de Zassenhaus tels que $A_{ij} = A_i \times (A_{i-1} \cap B_i)$ $(i = 1, \ldots, \alpha; j = 0, 1, \ldots, \beta)$, la subdivision $\{A_{ij}\}$ de la chaîne $\{A_i\}$ par rapport à la chaîne $\{B_j\}$ et la subdivision $\{B_{ji}\}$ de la chaîne $\{B_j\}$ par rapport à la chaîne $\{A_i\}$.

Lemme 1. — *Si l'on a :* $A_{ij} = A_{ij-1}$ *pour une valeur de i et j* $(0 \leq i \leq \alpha,\ 0 \leq j \leq \beta)$, *on a aussi :* $B_{ji} = B_{ji-1}$ *si et seulement si :* $A_{ij} \cap B_{j-1} = B_{ji} \cap A_{i-1}$ (1) [1].

Théorème 1. — *Si l'égalité* (1) *est vraie pour tout couple* (i, j) $(i = 1, \ldots, \alpha;$ $j = 1, \ldots, \beta)$, *les subdivisions* $\{A_{ij}\}$ et $\{B_{ji}\}$ *simplifiées par suppression des répétitions ont même longueur.*

Lemme 2. — *Si l'égalité* (1) *est vraie, les subdivisions de* $\{A_{ij}\}$ *par rapport à* $\{B_j\}$, *de* $\{B_j\}$ *par rapport à* $\{A_{ij}\}$ *coïncident avec* $\{A_{ij}\}$ *et* $\{B_{ji}\}$ *respectivement, à des répétitions près.*

Lemme 3. — *Si l'égalité* (1) *est vraie dans les chaînes* $\{A_i\}$ *et* $\{B_j\}$, *elle l'est dans les chaînes* $\{A_{ij}\}$ *et* $\{B_j\}$.

Lemme 4. — *Si l'égalité* (1) *est vraie dans les chaînes* $\{A_i\}$ *et* $\{B_j\}$, *les chaînes* $\{A_{ij}\}$ *et* $\{B_{ji}\}$ *coïncident avec leurs subdivisions et l'égalité* (1) *est vraie dans ces chaînes.*

Théorème 2. — *Si l'égalité* (1) *est vraie dans les chaînes* $\{A_i\}$ *et* $\{B_j\}$ *et si ces chaînes sont sans répétitions et maximales* [*vis-à-vis de l'égalité* (1)], *elles ont même longueur.*

---

(1) Les démonstrations qui n'offrent pas de difficultés particulières paraîtront dans un autre Recueil.

Application aux groupes partiels [2]. — On voit aisément que l'égalité (1) a lieu dans deux chaînes de sous-groupes partiels d'un groupe partiel si les conditions : $A_{i-1} \cap B_j$ est presque permutable avec A_i et $B_{j-1} \cap A_i$ est presque permutable avec B_j [2] sont réalisées.

Le théorème 1 est donc vrai dans ces conditions. Pour démontrer le théorème 2, il suffit de remplacer le lemme 3 par le *lemme* 3'. Si les conditions (2) sont réalisées dans les chaînes $\{A_i\}$ et $\{B_j\}$, elles le sont dans les chaînes $\{A_{ij}\}$ et $\{B_j\}$ [1].

Le lemme 4 et le théorème 2 modifiés en conséquence sont alors vrais.

Les résultats énoncés restent valables si l'on remplace les conditions (2) par les conditions plus fortes (3) : A_i et $A_{i-1} \cap B_j$ sont presque permutables ainsi que B_j et $B_{j-1} \cap A_i$ [3].

Application aux relations d'équivalence dans un ensemble. — La correspondance biunivoque entre les relations d'équivalence dans un ensemble et les sous-groupes partiels d'un groupe partiel [2] livre immédiatement les résultats suivants :

Disons que deux chaînes, $\{A_i\}$ et $\{B_j\}$, de relations d'équivalence dans un ensemble vérifient les conditions (4) si, pour tout couple (i, j) $(i = 1, \ldots, \alpha;$ $j = 1, \ldots, \beta)$, $A_{i-1} \cap B_j$ est presque associable avec A_i et $B_{j-1} \cap A_i$ est presque associable avec B_j. Disons qu'elles vérifient les conditions (5) si, pour tout couple (i, j), A_i et $A_{i-1} \cap B_j$ sont presque associables ainsi que B_j et $B_{j-1} \cap A_i$.

Alors, en présence des conditions (4) [ou (5)], les subdivisions $\{A_{ij}\}$ et $\{B_{ji}\}$ ont même longueur après suppression des répétitions. Si, de plus, les chaînes $\{A_i\}$ et $\{B_j\}$ sont sans répétitions et maximales [au sens des conditions (4) [ou (5)]], elles ont même longueur.

Application aux sous-groupes d'un groupe. — Un groupe étant un groupe partiel particulier, deux chaînes de sous-groupes vérifiant les conditions (2) [ou (3)] ont leurs subdivisions, simplifiées par suppression des répétitions, de même longueur. Si, de plus, les chaînes sont sans répétitions et maximales, elles ont même longueur.

---

(2) Pour les définitions, voir ma Note : Une interprétation des relations d'équivalence dans un ensemble (*Comptes rendus*, 226, 1947, p. 616).

(3) On montre que les résultats sont encore valables si l'on particularise davantage, par exemple, en imposant aux sous-groupes partiels A_i et $A_{i-1} \cap B_j$ (B_j et $B_{j-1} \cap A_i$) d'être permutables. En appliquant alors aux relations d'équivalence et aux sous-groupes, on obtient des résultats connus (*cf.*, par exemple, P. Dubreil et M.-L. Dubreil-Jacotin, *Journal de Math.*, 9e série, 18, 1939, p. 90 et O. Ore, *Duke math. Journal*, 3, 1937, p. 165). On montre aussi qu'une structure ou une sous-structure de sous-groupes partiels presque permutables deux à deux est une structure de Dedekind, d'où les propriétés correspondantes pour les structures d'équivalences et de sous-groupes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Applications nouvelles du calcul symbolique aux fonctions de Bessel.* Note ([1]) de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

MM. van der Pol et K. F. Niessen ([2]) ont déjà obtenu, par le calcul symbolique, diverses formules concernant les fonctions de Bessel.

1. Considérons les correspondances symboliques suivantes ([3])

$$t^{\mu}J_{\mu}(t) \supset \frac{2^{\mu}p\Gamma\left(\mu+\frac{1}{2}\right)}{\sqrt{\pi}(p^2+1)^{\mu+\frac{1}{2}}}, \qquad t^{\nu}J_{\nu}(t) \supset \frac{2^{\nu}p\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)}{\sqrt{\pi}(p^2+1)^{\nu+\frac{1}{2}}}.$$

En appliquant le *théorème du produit*, on obtient immédiatement la relation ([4])

$$(1)\qquad \int_0^t \lambda^{\mu}(t-\lambda)^{\nu}J_{\mu}(\lambda)J_{\nu}(t-\lambda)\,d\lambda = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\frac{\Gamma\left(\mu+\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(\mu+\nu+\frac{1}{2}\right)}\,t^{\mu+\nu+\frac{1}{2}}J_{\mu+\nu+\frac{1}{2}}(t).$$

En posant $\lambda = t\sin^2\theta$, on obtient la formule ([5])

$$(1')\qquad \int_0^{\frac{\pi}{2}} J_{\mu}(t\sin^2\theta)J_{\nu}(t\cos^2\theta)\sin^{2\mu+1}\theta\cos^{2\nu+1}\theta\,d\theta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\frac{\Gamma\left(\mu+\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)}{2\Gamma(\mu+\nu+1)}\,\frac{J_{\mu+\nu+\frac{1}{2}}(t)}{\sqrt{t}}.$$

En faisant $\nu = -\mu$, on a ([6])

$$(1'')\qquad \int_0^t \left(\frac{t}{\lambda}-1\right)^{\mu} J_{\mu}(\lambda)J_{-\mu}(t-\lambda)\,d\lambda = \frac{\sin t}{\cos\mu\pi}.$$

On peut obtenir d'autres relations remarquables, en dérivant la relation (1) par rapport à t et en particularisant les indices.

2. Les correspondances

$$J_{\mu}(t) \supset \frac{p}{\sqrt{p^2+1}}\left(\sqrt{p^2+1}-p\right)^{\mu}, \qquad J_{\nu}(t) \supset \frac{p}{\sqrt{p^2+1}}\left(\sqrt{p^2+1}-p\right)^{\nu}$$

donneront par application du théorème du produit, la relation

$$(2)\qquad \int_0^t J_{\mu}(\lambda)J_{\nu}(t-\lambda)\,d\lambda = \int_0^t J_{\mu+\nu}(\lambda)\,J_0(t-\lambda)\,d\lambda.$$

([1]) Séance du 23 février 1948.

([2]) *Philosophical Magazine*, 8, 1928, p. 861 et 13, 1932, p. 537.

([3]) N. W. Mc Lachlan et Pierre Humbert, *Mémorial Sc. Math.*, fasc. C, 1941, p. 28.

([4]) I. G. Rutgers, *Proceedings Royal Acad. Amsterdam*, 34, 1931, p. 148.

([5]) Watson, *Théory of Bessel functions*, 2e éd., Cambridge, 1944, p. 382.

([6]) Van der Pol, *loc. cit.* ([1]), 8, p. 883.

Pour $\nu = -\mu$, on a [7]

$$(2') \qquad \int_0^t J_\mu(\lambda) J_{-\mu}(t-\lambda)\, d\lambda = \int_0^t J_0(\lambda) J_0(t-\lambda)\, d\lambda = \sin t, \qquad \ldots$$

3. Considérons les correspondances

$$t^{\frac{\mu}{2}} J_\mu(2\sqrt{at}) \supset a^{\frac{\mu}{2}} \frac{e^{-\frac{a}{p}}}{p^\mu}, \qquad t^{\frac{\nu}{2}} J_\nu(2\sqrt{bt}) \supset b^{\frac{\nu}{2}} \frac{e^{-\frac{b}{p}}}{p^\nu}.$$

Appliquons toujours le théorème du produit. On aura aussitôt

$$(3) \quad \int_0^t \lambda^{\frac{\mu}{2}} (t-\lambda)^{\frac{\nu}{2}} J_\mu(2\sqrt{a\lambda}) J_\nu\{2\sqrt{b(t-\lambda)}\}\, d\lambda = \frac{a^{\frac{\mu}{2}} b^{\frac{\nu}{2}}}{(a+b)^{\frac{\mu+\nu+1}{2}}} t^{\frac{\mu+\nu+1}{2}} J_{\mu+\nu+1}\{2\sqrt{(a+b)t}\}.$$

Faisons $\lambda = t \sin^2\theta$, $2\sqrt{at} = u$, $2\sqrt{bt} = v$; il vient [8]

$$(3') \quad \int_0^{\frac{\pi}{2}} J_\mu(u \sin\theta) J_\nu(v \sin\theta) \sin^{\mu+1}\theta \cos^{\nu+1}\theta\, d\theta = \frac{u^\mu v^\nu}{(u^2+v^2)^{\frac{\mu+\nu+1}{2}}} J_{\mu+\nu+1}\{\sqrt{u^2+v^2}\}.$$

4. Enfin, comme exemple typique de simplicité de démonstration, nous partirons des correspondances

$$t^{\frac{\mu}{2}} J_\mu(2\sqrt{t}) \supset \frac{e^{-\frac{1}{p}}}{p^\mu}, \qquad t^{\frac{\nu}{2}} I_\nu(2\sqrt{t}) \supset \frac{e^{\frac{1}{p}}}{p^\nu}$$

qui nous conduiront aussitôt, par le même procédé, à la relation

$$(4) \qquad \int_0^t \lambda^{\frac{\mu}{2}} (t-\lambda)^{\frac{\nu}{2}} J_\mu(2\sqrt{\lambda}) I_\nu(2\sqrt{t-\lambda})\, d\lambda = \frac{t^{\mu+\nu+1}}{\Gamma(\mu+\nu+2)}.$$

Faisons $\mu = -1/2$; on a

$$(4') \qquad \int_0^t (t-\lambda)^\nu I_\nu(2\sqrt{t-\lambda}) \cdot \frac{\cos 2\sqrt{\lambda}}{\lambda}\, d\lambda = \sqrt{\pi} \frac{t^{\nu+\frac{1}{2}}}{\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}.$$

En remplaçant $2\sqrt{t}$ par t et $2\sqrt{\lambda}$ par λ, on obtient [9],

$$(4'') \qquad \int_0^t (t^2-\lambda^2) \cos\lambda . I_\nu(\sqrt{t^2-\lambda^2})\, d\lambda = \sqrt{\pi} \frac{t^{2\nu+1}}{\Gamma\left(\nu+\frac{3}{2}\right)}.$$

Enfin, pour $\mu = 1/2$, on a

$$(4''') \qquad \int_0^t (t-\lambda)^{\frac{\nu}{2}} I_\nu(2\sqrt{t-\lambda}) . \sin(2\sqrt{\lambda})\, d\lambda = \sqrt{\pi} \frac{t^{\nu+\frac{3}{2}}}{\Gamma\left(\nu+\frac{5}{2}\right)}.$$

---

(7) *Voir* par ex. WATSON, *loc. cit.*, p. 380.
(8) *Ibid.*, p. 376.
(9) *Ibid.*, p. 376.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions orthogonales par rapport à un ensemble de courbes ou de domaines différents.* Note de M. **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note précédente [1] nous avons signalé quatre espèces de polynomes trigonométriques orthogonaux sur toutes les ellipses de foyers $(-1, +1)$, à la fois au sens linéaire et au sens superficiel et observé que le poids superficiel $\Pi(z)$ est le carré du poids linéaire $\varpi(z)$.

Ce fait est un cas particulier d'une propriété générale. Étant donné un ensemble de courbes $\mathcal{C}$ limitant les domaines $\mathcal{D}$ d'un ensemble de domaines, il est exceptionnel qu'une même suite de fonctions $f_n(z)$ soit orthogonale avec le même poids par rapport à toutes les courbes $\mathcal{C}$, ou bien à tous les domaines $\mathcal{D}$ de l'ensemble; *a fortiori*, aux deux à la fois (le poids superficiel étant différent du poids linéaire).

Familles isogrammes. — Soit un domaine simplement connexe $\mathcal{D}$ limité par un contour $\mathcal{C}$, de masse finie lorsqu'on prend pour masse spécifique linéaire $\varpi(z) \geqq 0$. Soit $Z = \varphi(z)$, $\varphi'(z) \neq 0$, la fonction univalente qui réalise la représentation conforme du domaine $\mathcal{D}$ sur le cercle $|Z| < 1$ et du contour $\mathcal{C}$ sur le cercle $|Z| = 1$. Cette même transformation fait correspondre aux cercles concentriques $|Z| \leqq \lambda$, une famille à un paramètre de domaines simplement connexes $\mathcal{D}_\lambda$, limités par les contours transformés $\mathcal{C}_\lambda$. Les courbes $\mathcal{C}_\lambda$ peuvent être appelées les *isogrammes* du contour $\mathcal{C}$ et les domaines $\mathcal{D}_\lambda$ les *isogrammes* du domaine $\mathcal{D}$.

La condition pour qu'une famille de domaines simplement connexes $\mathcal{D}_\alpha$ dépendant d'un paramètre quelconque α forme une famille de domaines isogrammes est que la fonction univalente qui représente conformément un domaine $\mathcal{D}_\alpha$ sur le cercle $|Z| < 1$ soit de la forme $\psi(z, \alpha) = k(\alpha)\varphi(z)$.

Toute famille de domaines et de courbes isogrammes possède au moins une suite de fonctions orthogonales communes, pour laquelle le poids superficiel est le carré du poids linéaire. C'est la transformée $f_n(z) = [\varphi(z)]^2$ de la famille connue des polynomes Z^n, orthogonale sur les cercles $|Z| \leqq \lambda$ (λ quelconque), tant au sens de Szegö qu'au sens de Bochner. On a $\varpi(z) = |\varphi'(z)|$, $\Pi(z) = |\varphi'(z)|^2$.

Un résultat général est le suivant :

Théorème. — *Si les fonctions $f_n(z)$ sont orthonormées de poids $\varpi(z)$ par rapport aux courbes isogrammes $\mathcal{C}_\lambda$, limitant une famille de domaines isogrammes $\mathcal{D}_\lambda$ simplement connexes, elles sont aussi orthonormées de poids*

$$\Pi(z) = \varpi(z)\,|\varphi'(z)|$$

par rapport à tous les domaines $\mathcal{D}_\lambda$, et réciproquement, si une suite de fonc-

---

(1) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 668-669.

tions $f_n(z)$ est orthonormée par rapport aux domaines isogrammes simplement connexes $\mathcal{D}_\lambda$, avec le poids $\Pi(z)$, elle est aussi orthonormée par rapport à toutes les courbes $\mathcal{C}_\lambda$ qui limitent ces domaines, avec le poids $\Pi(z)/|\varphi'(z)|$, $\varphi(z)$ étant la fonction univalente qui fait la représentation conforme des domaines $\mathcal{D}_\lambda$ sur les cercles $|Z| \leqq \lambda$.

Soit $z = \psi(Z)$, la fonction inverse de $Z = \varphi(z)$, $\varphi'(z)\psi'(z) = 1$, $f_m[\psi(Z)] = F_m(Z)$, $\varpi[\psi(Z)] = p(Z)$, $\Pi[\psi(Z)] = P(Z)$.

1° On suppose

$$\int_{\mathcal{C}_\lambda} f_m(z)\bar{f}_n(z)\varpi(z)\,ds = \varepsilon_{mn}\int_{\mathcal{C}_\lambda}\varpi(z)\,ds,$$

où $\varepsilon_{mn} = 0$ pour $m \neq n$, $\varepsilon_{mm} = +1$. On a, sur le cercle $Z = re^{i\theta}$,

$$\int_0^{2\pi} F_m(re^{i\theta})\bar{F}_n(re^{-i\theta})p(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|\,r\,d\theta = \varepsilon_{mn}\int_0^{2\pi} p(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|\,r\,d\theta$$

pour $0 < r = \lambda < \lambda_1$; d'où

$$\int_0^\lambda dr\int_0^{2\pi} F_m(re^{i\theta})\bar{F}_n(re^{-i\theta})p(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|\,r\,d\theta = \varepsilon_{mn}\int_0^\lambda dr\int_0^{2\pi} p(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|\,r\,d\theta$$

ou

$$\iint_{\mathcal{D}_\lambda} f_m(z)\bar{f}_n(\bar{z})\varpi(z)|\varphi'(z)|\,d\omega = \varepsilon_{mn}\iint_{\mathcal{D}_\lambda}\varpi(z)|\varphi'(z)|\,d\omega.$$

2° Pour la réciproque, il suffit de supposer que les fonctions $f_n(z)$ sont orthonormées seulement sur un ensemble de domaines isogrammes $\mathcal{D}_\lambda$ correspondant à $\lambda_0 < \lambda < \lambda_1$, λ_0 étant positif, ou même aussi voisin de λ_1 que l'on voudra, mais fixe. On montre que la fonction de r

$$\int_0^{2\pi} F_m(re^{i\theta})\bar{F}_n(re^{-i\theta})P(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|^2\,d\theta - \varepsilon_{mn}\int_0^{2\pi} P(re^{i\theta})|\psi'(re^{i\theta})|^2\,d\theta$$

est nulle pour $\lambda_0 < r < \lambda_1$, que m soit égal à n ou en diffère, et l'on en déduit l'orthonormalité des $f_n(z)$ le long des $\mathcal{C}_\lambda$.

Si l'on fait $\varpi(z) = |\varphi'(z)|$, on retrouve le résultat particulier connu

$$\Pi(z) = |\varphi'(z)|^2, \qquad \Pi = \varpi^2.$$

TOPOLOGIE. — *Sur une extension de la notion d'espace topologique.* Note (¹) de M. JEAN MIRGUET, présentée par M. Élie Cartan.

Diverses possibilités s'offrent pour fonder une axiomatique de la Topologie générale. On peut imposer certaines conditions à la classe des ensembles

---

(¹) Séance du 26 janvier 1948.

ouverts, ou bien encore à l'opération de fermeture ([2]). Ici, l'attention se portera sur l'opération de dérivation, au sujet de laquelle nous formulerons des hypothèses très peu restrictives en n'étudiant qu'après coup les conséquences de la distributivité de cette opération, et en substituant à la dérivation croissante, envisagée d'ordinaire, une dérivation qu'il est naturel d'appeler semi-croissante.

1. Si, partant d'un ensemble fondamental E, on fait correspondre à toute partie de E une nouvelle partie e', on dira que le passage de e à e' constitue *l'opération de dérivation* si ce passage satisfait à la condition suivante ([3]) :

$$\mathrm{M} \in e' \Rightarrow \mathrm{M} \in (e - \mathrm{M})'.$$

2. Désignons par R(M) tout ensemble u tel que M appartienne à l'intersection $u\mathrm{C}[\mathrm{C}'(u)]$, où $\mathrm{C}(u)$ indique le complémentaire de u sur E. En prenant pour voisinages de chaque point M, d'abord tous les R(M), puis tous les R(M) ouverts, on obtient, pour chaque ensemble e deux dérivés croissants auxiliaires η' et $\Delta'(e)$. Dans toute dérivation $\eta' \subset e'$, quel que soit e; de plus, la condition nécessaire et suffisante pour que $e' \subset \Delta'(e)$, quel que soit e, est que *tout fermé contienne les dérivés de ses parties*, propriété que nous désignerons par semi-croissance.

Si une dérivation est croissante, $\eta' = e' \subset \Delta'(e)$; si, de plus, les fermetures sont fermées $\eta' = e' = \Delta'(e)$; en outre, pour que la dérivation soit capable d'une topologie, il sera nécessaire que e', et par suite $\Delta'(e)$, soient distributifs et que la dérivation soit permanente, c'est-à-dire que *nul non-fermé ne devienne fermé par la suppression d'un point;* la topologie sera le système des R(M) ouverts.

3. Dans une semi-croissante, on a seulement, quel que soit e, les inclusions $\eta' \subset e' \subset \Delta'(e)$. Comme dans les croissantes, un ensemble e donne $\eta' = e'$, si, quel que soit u, $e \subset u \rightarrow e' \subset u'$. De même, comme dans les croissantes, quand un ensemble h satisfait à $h' = \Delta'(h)$, sa fermeture est fermée

$$h' = \Delta'(h) \subset \Delta'(h + h') = (h + h')' \subset h + h'.$$

Parmi les semi-croissantes, les dérivations qui généralisent les croissantes capables d'une topologie, sont celles qui jouissent de la permanence et dont l'auxiliaire $\Delta'(e)$ est distributive : s'il y a permanence, les ensembles $e' = \Delta'(e)$ sont les ensembles ayant mêmes dérivés que leurs fermetures; leurs dérivés sont fermés; et, si en outre $\Delta'(e)$ est distributive, ceux de ces ensembles qui sont ouverts, sont situés sur leurs dérivés et ces derniers sont parfaits, comme dans le cas des croissantes.

([2]) Pour le premier de ces points de vue, voir Bourbaki, *Act. Sc. et Indust.*, fasc. 858, p. 1; et, pour le second, voir Kuratowski, *Fundamenta Mathematicæ*, 1922, t. III, p. 182-199.

([3]) Condition considérée par M. Maurice Fréchet, *Les Espaces abstraits*, 1928, p. 168.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces uniformes ordonnés.*
Note (1) de M. **Léopoldo Nachbin** (2), présentée par M. Élie Cartan.

Une *structure semi-uniforme* sur un ensemble E est un filtre $\mathfrak{F}$ de parties de E^2 tel que : 1° si $V \in \mathfrak{F}$ alors $\Delta \subset V$, Δ étant la diagonale de E^2, et 2° si $V \in \mathfrak{F}$ il existe $W \in \mathfrak{F}$ tel que $W \circ W \subset V$. L'ensemble $\overset{-1}{\mathfrak{F}}$ des $\overset{-1}{V}$, où $V \in \mathfrak{F}$, est une telle structure dite *duale* de $\mathfrak{F}$. Les $V(x)$, où $V \in \mathfrak{F}$, constituent le filtre des voisinages de chaque $x \in E$ pour une topologie $\mathfrak{T}^-$ dite *inférieure engendrée* par $\mathfrak{F}$; la topologie inférieure $\mathfrak{T}^+$ engendrée par $\overset{-1}{\mathfrak{F}}$ est dite *supérieure engendrée* par $\mathfrak{F}$. La structure uniforme $\mathfrak{F} \cup \overset{-1}{\mathfrak{F}}$ la moins fine de toutes celles contenant les $V \in \mathfrak{F}$ et la topologie $\mathfrak{T}$ déduite de $\mathfrak{F} \cup \overset{-1}{\mathfrak{F}}$ sont dites *engendrées* par $\mathfrak{F}$; $\mathfrak{T}$ est la borne supérieure de $\mathfrak{T}^-$ et $\mathfrak{T}^+$. L'intersection des $V \in \mathfrak{F}$ est le graphique d'un pré-ordre sur E dit *engendré* par $\mathfrak{F}$; il s'agit d'un ordre si $\mathfrak{F} \cup \overset{-1}{\mathfrak{F}}$ est séparée. Un *espace uniforme pré-ordonné* est un espace muni d'une structure uniforme et d'une relation de pré-ordre engendrées par au moins une structure semi-uniforme (il existe toujours une telle structure plus fine que toutes les autres). Une *pseudo-semi-métrique* sur E est une fonction δ finie positive sur E^2 telle que $\delta(x, x) = 0$, $\delta(x, z) \leq \delta(x, y) + \delta(y, z)$; si, de plus, $\delta(x, y) = \delta(y, x) = 0$ entraînent $x = y$, alors δ est dite une *semi-métrique*. Soit $\{\delta_\lambda\}$ une famille non vide de pseudo-semi-métriques sur E : le filtre engendré par les parties de E^2 définies au moyen d'un nombre fini d'inégalités $\delta_\lambda(x, y) < \varepsilon$ est une structure semi-uniforme sur E; de plus, toute structure semi-uniforme peut être obtenue de cette manière.

1° *Un espace compact ordonné muni de sa structure uniforme naturelle est un espace uniforme ordonné* (la structure semi-uniforme génératrice est le filtre des voisinages dans E^2 du graphique de l'ordre, donc unique); 2° *Pour qu'un espace topologique* E *muni d'un pré-ordre puisse être muni d'une structure uniforme compatible avec sa topologie de façon à devenir un espace uniforme pré-ordonné, il faut et il suffit que* E *soit un espace uniformisable pré-ordonné* (3).

E étant un espace uniforme, l'ensemble $\mathfrak{F}(E)$ des parties fermées de E muni de la structure uniforme déduite de celle de E et ordonné par inclusion est un espace uniforme ordonné. Soit maintenant E un espace uniforme muni d'un ordre tel que l'ensemble $I(a)$ des $x \leq a$ soit fermé pour $a \in E$. La correspondance $a \rightleftharpoons I(a)$ est un isomorphisme d'ordre de E sur une partie de $\mathfrak{F}(E)$.

---

(1) Séance du 1er mars 1948.

(2) Cette Note fait suite à deux Notes récentes (*Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 381 et 547) auxquelles le lecteur est prié de se reporter.

(3) A. Weil, *Act. Sc. Ind.*, n° 551, Paris, 1938.

On déduit de là une condition *suffisante* pour que E soit un espace uniforme ordonné, à savoir la continuité uniforme dans les deux sens de $a \to I(a)$ [même dans le cas d'un espace compact ordonné, $a \to I(a)$ peut cesser d'être continue]; pour cela il faut et il suffit que : 1° V étant un entourage pour la structure uniforme de E, il existe un entourage W tel que $x \leqq x'$, $y' \in W(x')$ entraînent l'existence de $y \in V(x)$ avec $y \leqq y'$, et 2° pour chaque V il existe W tel que $y \in W(x')$, $y' \in W(x)$, $x \leqq x'$, $y \leqq y'$ entraînent $y \in V(x)$. Ce critérium nous donne :

3° *Pour qu'un groupe topologique muni d'un pré-ordre de groupe soit un espace uniformisable* (resp. *uniforme par rapport à la structure uniforme droite*) *pré-ordonné, il faut et il suffit que l'ensemble des* $x \geqq 0$ *soit fermé et que l'ensemble des voisinages convexes de l'élément neutre* 0 *soit un système fondamental de voisinages de* 0.

L'ensemble $C(\Omega)$ des fonctions réelles finies continues sur un espace topologique Ω est un espace uniforme ordonné en vertu de la présence des semi-métriques $\delta_K(f, g) = \sup. \{0, f(x) - g(x)\}$, où x parcourt K, $K \subset \Omega$ étant compact arbitraire.

4° *Tout espace uniforme ordonné* E *est isomorphe à un sous-espace uniforme ordonné : a. de* $C(\Omega)$ *pour un* Ω *localement compact* (si le filtre des entourages de E possède une base dénombrable, Ω peut être supposé compact), *et b. d'un produit d'espaces semi-métriques.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur un théorème global de réduction des* ds^2 *statiques généraux d'Einstein.* Note [1] de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat** et M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons un univers d'Einstein correspondant à des distributions de masse tout entières à distance finie et de métrique

$$(1) \qquad ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \qquad (\alpha, \beta \text{ et tout indice grec} = 1, 2, 3, 4).$$

En dehors des domaines balayés par la matière, la métrique (1) vérifie les équations d'Einstein du cas extérieur et, dans ces domaines, celles du cas intérieur. Nous supposons de plus que l'univers (1) satisfait aux conditions suivantes :

a. Les ds^2 à l'intérieur de la matière et par suite le ds^2 à l'extérieur de celle-ci sont *statiques* du type le plus général (stationnaires) : les $g_{\alpha\beta}$ sont indépendants de la variable temporelle x^4.

b. La métrique (1) admet à l'infini un comportement asymptotique euclidien

---

[1] Séance du 1er mars 1948.

et les $g_{\alpha\beta}$ admettent la forme asymptotique (²)

$$g_{\alpha\beta} = \delta_{\alpha\beta} + \frac{\varepsilon_{\alpha\beta}}{r}, \tag{2}$$

où les $\delta_{\alpha\beta}$ sont les potentiels de l'espace-temps de Minkowski et où r désigne la *distance spatiale* à un point fixe O.

2° L'un de nous (³) a établi antérieurement, pour un ds^2 statique quelconque, les deux identités fondamentales suivantes :

$$\frac{\partial_i(h^i\sqrt{-g})}{\sqrt{-g}} = R_4^4; \tag{3}$$

$$\frac{\partial_i(k^i\sqrt{-g})}{\sqrt{-g}} = \frac{R_{44}}{g_{44}} - \frac{M^2}{g_{44}} \qquad (i \text{ et tout indice latin} = 1, 2, 3), \tag{4}$$

où les vecteurs d'espace $\vec{h}$ et $\vec{k}$ admettent les composantes

$$h^i = \Gamma^i_{4\alpha} g^{4\alpha}; \qquad k^i = -\frac{1}{2} g^{ij} \frac{\partial_j g_{44}}{g_{44}}$$

et où

$$Q_{ij} = \frac{1}{2} g_{44} \left[\partial_i\left(\frac{g_{4j}}{g_{44}}\right) - \partial_j\left(\frac{g_{4i}}{g_{44}}\right)\right]; \qquad M^2 = \frac{1}{2}(g^{ik}g^{jh} - g^{ih}g^{jk}) Q_{ij} Q_{hk}.$$

3° Plaçons-nous sur une section d'espace E déterminée et soit V le volume occupé dans E par la matière. Désignons par Σ une sphère géodésique tracée dans E de rayon r arbitrairement grand limitant un volume W. De l'identité (3) il résulte

$$\text{flux}_\Sigma \vec{h} = \iiint_V R_4^4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3,$$

et de l'identité (4),

$$\text{flux}_\Sigma \vec{k} = \iiint_V \frac{R_{44}}{g_{44}} \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3 - \iiint_W \frac{M^2}{g_{44}} \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3.$$

Or, quand r augmente indéfiniment, le flux du vecteur $\vec{k}$ à travers Σ tend vers le flux du vecteur $\vec{h}$ à travers la même surface. On en déduit la formule intégrale

$$\iiint_V g_{4i} R_4^i \frac{\sqrt{-g}}{g_{44}}\, dx^1\, dx^2\, dx^3 = \iiint_E \frac{M^2}{g_{44}} \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3. \tag{5}$$

Les conséquences de cette formule sont importantes. Si la matière est sché-

---

(²) *Cf.* par exemple Einstein et Pauli, *Ann. of Math.*, **44**, 1943, p. 135.

(³) *Cf.* Lichnerowicz, *Actual. scient.*, Paris, 1939, p. 65) et *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 433. Avec les notations de cette Note $\vec{K} = -2\vec{k}$.

matisée sous forme de fluide parfait,

$$R_4^i = \chi \rho u_4 u^i,$$

où u^α représente le vecteur-vitesse unitaire. Par suite si, à l'intérieur de la matière, les lignes de courant sont confondues avec les lignes de temps, le premier membre de (5) est nul. Il en est de même si $g_{4i}=0$ dans V, c'est-à-dire si les ds^2 intérieurs sont statiques orthogonaux. Dans l'une ou l'autre de ces hypothèses, *sur toute l'étendue de l'univers*

$$M^2 = 0, \qquad Q_{ij} = 0,$$

et il existe un changement de coordonnées

$$x^i = x^{i'}, \qquad x^4 = x^{4'} + f(x^{1'}, x^{2'}, x^{3'}),$$

tel que le ds^2 d'univers se trouve ramené à la forme statique orthogonale de Levi-Civita. Nous énoncerons :

Théorème. — *Si le ds^2 d'un univers d'Einstein est statique général et à comportement asymptotique euclidien selon* (2), *il est nécessairement partout statique orthogonal dans l'une ou l'autre des hypothèses suivantes :*

1° *Les lignes de courant à l'intérieur de la matière sont confondues avec les lignes de temps;*

2° *Les ds^2 intérieurs sont simultanément statiques orthogonaux.*

Ce théorème permet par exemple de réduire considérablement les postulats, *a priori* indépendants, qui conduisent à la formation des ds^2 intérieur et extérieur de Schwarzschild ($u^i = 0$).

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'équation de Gauss des surfaces d'Ossian Bonnet de troisième classe*. Note de M. **Victor Lalan**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Sur toute surface d'O. Bonnet de troisième classe ([1]), envisagée comme surface à courbure moyenne isotherme ([2]), la fonction $\psi(u, v)$ et la courbure moyenne $H = f(u+v) = f(t)$ sont liées par l'équation de Gauss, du troisième ordre en f,

$$(1) \qquad \frac{d^2}{dt^2} \log |f'| = \left(\frac{2}{\gamma} + \frac{f^2}{f'}\right)\psi_{uv} - \gamma f',$$

où γ est une constante, égale au rapport des paramètres différentiels de ψ, $\Delta_1\psi/\Delta_2\psi$, et où ψ_{uv} est réductible, suivant le type de la surface, à l'une des

([1]) Nous adoptons, au sujet des classes et des types, la terminologie de M. E. Cartan (*Bull. des Sc. Math.*, 61, 1942, p. 55-85).

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 214-216.

trois formes

$$\frac{\gamma}{\sin^2 t}\,(\text{type } \mathbf{A}), \qquad \frac{\gamma}{\operatorname{sh}^2 t}\,(\text{type } \mathbf{B}), \qquad \frac{\gamma}{t^2}\,(\text{type } \mathbf{C}).$$

L'objet de cette Note est de montrer que l'équation (1), sur laquelle on sait peu de chose, se laisse ramener à l'équation de Gauss des hélicoïdes, ou à celle des surfaces de révolution, et, par voie de conséquence, d'en effectuer une transformation intéressante.

Type **A**. — En posant $g = -\gamma \cot t$, de sorte que $g' = \psi_{uv}$, l'équation (1) devient

$$(2) \qquad \frac{d^2}{dt^2}\log\frac{g'}{f'} = (g^2 + \gamma^2)\frac{f'}{g'} - f^2\frac{g'}{f'};$$

on reconnaît l'équation de Gauss des *hélicoïdes* ([3]).

Type **B**. — En remplaçant $\cot t$ par $\operatorname{cth} t$, on trouve

$$\frac{d^2}{dt^2}\log\frac{g'}{f'} = (g^2 - \gamma^2)\frac{f'}{g'} - f^2\frac{g'}{f'},$$

équation qui conviendrait à un *hélicoïde* dont le pas serait *imaginaire* pur.

Type **C**. — En posant $g = -\gamma/t$, il vient

$$\frac{d^2}{dt^2}\log\frac{g'}{f'} = g^2\frac{f'}{g'} - f^2\frac{g'}{f'};$$

c'est l'équation de Gauss des *surfaces de révolution* et des *cylindres*.

Le rapport g'/f' est positif dans tous les cas, car le ds^2 de la surface s'écrit $2(g'/f')\,du\,dv$, et u et v sont imaginaires conjugués.

2. Nous obtiendrons une intégrale première de (1) en faisant un changement d'inconnue suggéré par l'étude directe des hélicoïdes. Posons, λ et μ étant des fonctions de t,

$$(3) \qquad f = \frac{\mu'}{2\lambda\lambda'}, \qquad g = \frac{\lambda\mu'}{\lambda'} - 2\mu,$$

d'où

$$\lambda^2 = \frac{g'}{2f'}, \qquad \mu = \frac{fg' - gf'}{2f'}.$$

L'équation (2) devient

$$2\frac{d}{dt}\left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right) = -\frac{2\mu\mu'}{\lambda\lambda'} + \frac{1}{2\lambda^2}(4\mu^2 + \gamma^2).$$

Multipliant les deux membres par λ'/λ et intégrant, on trouve

$$(4) \qquad \frac{\lambda'^2}{\lambda^2} + \frac{1}{4\lambda^2}(4\mu^2 + \gamma^2) = a^2 \qquad (a, \text{ const.}),$$

et, en revenant aux fonctions f et g,

$$(5) \qquad \frac{1}{4}\left[\frac{d}{dt}\log\frac{g'}{f'}\right]^2 + \frac{f'}{2g'}\left[\left(\frac{fg' - gf'}{f'}\right)^2 + \gamma^2\right] = a^2.$$

([3]) *Cf.* notre article du *Bull. de la Soc. Math.*, 75, 1947, p. 63-88, spécialement p. 85.

Il suffit de remplacer g par $-\gamma \cot t$ pour obtenir l'intégrale première relative au type **A**

$$\left(\frac{f''}{f'} + 2\cot t\right)^2 + 4\gamma f \cot t + \frac{2\gamma}{\sin^2 t}\frac{f^2}{f'} + 2\gamma f' = 4a^2.$$

L'intégrale première valable pour le type **B** s'obtiendrait en changeant $\sin t$ en $\operatorname{sh} t$, et $\cot t$ en $\operatorname{cth} t$ [4]. Pour le type **C**, il faudrait, dans (5), supprimer le terme γ^2, et poser $g = -\gamma/t$; on aboutirait à

$$\left(\frac{f''}{f'} + \frac{2}{t}\right)^2 + \frac{4\gamma f}{t} + \frac{2\gamma}{t^2}\frac{f^2}{f'} + 2\gamma f' = 4a^2.$$

3. On peut donner à ces équations une forme plus avantageuse. De (4), tirons μ en fonction de λ et de λ', et portons dans la seconde des relations (3); il vient

(6) $$g = \frac{4\lambda'^2 - 2\lambda\lambda'' - 2a^2\lambda^2 + \gamma^2}{\sqrt{4a^2\lambda^2 - 4\lambda'^2 - \gamma^2}}.$$

La fonction $g(t)$ étant connue (c'est soit $-\gamma \cot t$, soit $-\gamma \operatorname{cth} t$, soit $-\gamma/t$, suivant le type), nous avons là une équation du second ordre en λ. (Pour le type **C**, cas où $g = -\gamma/t$, il faut supprimer, au second membre, les termes en γ^2.) Une fois λ déterminée, $f(t)$ serait donnée, d'après la première relation (3), par la formule

$$f = \frac{a^2\lambda - \lambda''}{\lambda\sqrt{4a^2\lambda^2 - 4\lambda'^2 - \gamma^2}}.$$

Les trois constantes arbitraires sont a et les deux constantes qu'introduit l'intégration de (6).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination du centre de torsion d'un cylindre à l'aide du théorème de réciprocité.* Note [1] de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Un cylindre élastique de génératrices parallèles à Oz, soumis à une force normale à Oz (effort tranchant), ne subit pas de torsion (mais seulement une flexion) lorsque la ligne d'action de l'effort tranchant passe par un point de la section droite appelé *centre de torsion*. S'il n'en est pas ainsi, la force équivaut à une force passant par le centre de torsion et un couple d'axe Oz et l'on est ramené à superposer un équilibre de flexion et un équilibre de torsion : d'où l'intérêt de la détermination du centre de torsion.

---

[4] On trouverait ainsi l'intégrale première donnée, sans aucune explication, par Hazzidakis (*J. de Crelle*, 117, 1897, p. 48); cet auteur ne distingue pas les trois types.

[1] Séance du 1er mars 1948.

Cette détermination peut évidemment être déduite de l'étude des contraintes de cisaillement sur la section droite dans la flexion avec effort tranchant, mais le calcul exact de ces contraintes est malaisé. Nous montrons ici que la position du centre de torsion peut aussi, par l'intermédiaire du théorème de réciprocité, être déduite de l'étude, plus facile, de la torsion pure.

Soit un cylindre limité par 2 sections droites distantes de 1. L'origine est le centre de gravité de la base de gauche, Ox et Oy sont les axes centraux d'inertie de cette base. Dans toute l'étendue du cylindre on suppose que la distribution des contraintes est celle de Barré de Saint-Venant. On envisage les 2 cas particuliers suivants du problème de B. de Saint-Venant :

1° *Flexion avec effort tranchant* de composantes X, Y passant par le centre de torsion C (ξ, η). On suppose le moment fléchissant nul dans la section d'origine. On a alors sur les sections droites des contraintes t_{xz}, t_{yz}, n_z, avec

$$n_z = (ax + by)z,$$

$$a = \frac{X}{I_y}, \qquad b = \frac{Y}{I_x} \qquad (I_x,\ I_y : \text{moments d'inertie centraux de la section}).$$

Les deux premières composantes (seules utiles ici) du déplacement sont, à un déplacement d'ensemble près, définies par

$$\mathrm{E}u = -\sigma z\left(a\frac{x^2 - y^2}{2} + bxy\right) - a\frac{z^3}{6} \qquad (\text{E : module d'Young}),$$

$$\mathrm{E}v = -\sigma z\left(axy + b\frac{y^2 - x^2}{2}\right) - b\frac{z^3}{6} \qquad (\sigma : \text{coefficient de Poisson}).$$

2° *Torsion* par un couple parallèle à Oz. Les déplacements sont, à un déplacement d'ensemble près, donnés par

$$u' = -\theta yz, \qquad v' = \theta xz, \qquad w' = \theta\varphi(x, y),$$

et les contraintes par

$$t'_{xz} = \mu\theta\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x} - y\right), \qquad t'_{yz} = \mu\theta\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y} + x\right), \qquad \left(2\mu = \frac{\mathrm{E}}{1+\sigma}\right),$$

θ étant une constante, $\varphi(x, y)$ une fonction harmonique qui, sur le contour de la section, vérifie

$$\frac{d\varphi}{dn} = \alpha y - \beta x \qquad (\alpha,\ \beta : \text{cosinus directeurs de la normale } n).$$

Appliquons alors le théorème de réciprocité de Maxwell. Le travail, dans la torsion, des forces du premier chargement est la différence des valeurs de l'intégrale

$$\iint_\Sigma (t_{zx}u' + t_{zy}v' + n_z w')\, d\omega,$$

étendue à l'aire Σ d'une section droite, quand on passe de la base de droite à la

base de gauche, soit

$$\theta l(Y\xi - X\eta) + \theta l \iint_{\Sigma} (ax + by)\,\varphi(x, y)\,d\omega.$$

Le travail des forces du deuxième chargement s'évalue d'une manière analogue. Son expression se simplifie et devient

$$\frac{\sigma}{1+\sigma}\theta l \left[b \iint_{S} \psi_1 x\,d\omega - a \iint_{S} \psi_1 y\,d\omega \right],$$

si l'on introduit, au lieu de φ, la fonction de tension ψ_1 définie par

$$\mu\theta\,d\psi_1 = t'_{xz}\,dy - t'_{yz}\,dx,$$

fonction qui est constante sur le contour ou chacun des contours partiels.

L'égalité des deux travaux (valable quels que soient X et Y) donne alors

$$I_x\xi = -\iint_{\Sigma} y\,\varphi(x, y)\,d\omega + \frac{\sigma}{1+\sigma}\iint_{S} \psi_1 x\,d\omega,$$
$$I_y\eta = \iint_{\Sigma} x\,\varphi(x, y)\,d\omega + \frac{\sigma}{1+\sigma}\iint_{S} \psi_1 y\,d\omega.$$

Pour une section pleine, l'aire S coïncide avec l'aire Σ de la section droite. Pour une section présentant des vides, Σ est l'aire pleine, S l'aire totale (Σ + vides) enfermée par le contour extérieur; dans ce cas on doit prendre $\psi_1 = 0$ sur le contour extérieur et attribuer dans un vide à ψ_1, pour exécuter l'intégration, la valeur constante qu'il reçoit dans le corps élastique sur le contour du vide.

Les relations précédentes permettent notamment de déterminer très facilement le centre de torsion d'un tube mince de section droite quelconque (centre de torsion d'une aile d'avion par exemple).

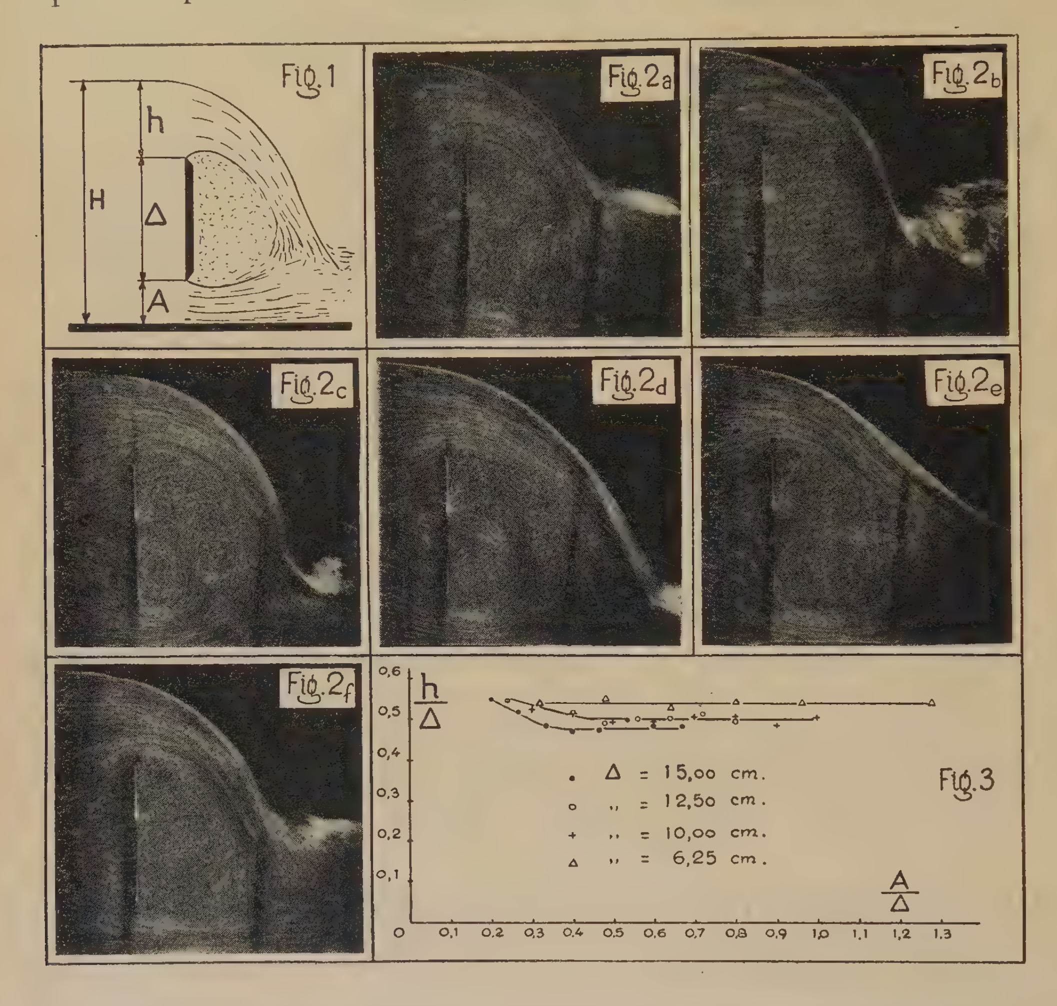
HYDRAULIQUE. — *Phénomène alternatif susceptible de menacer le fonctionnement des barrages mobiles.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Les vannes des barrages mobiles qui créent une hauteur de retenue importante, sont généralement constituées par deux éléments dont le déplacement relatif de l'un par rapport à l'autre, permet d'augmenter ou de réduire la hauteur de l'écran qui obture partiellement la passe, lors de l'écoulement des crues : une technique d'exploitation souvent recommandée, au point de vue des affouillements, consiste à placer l'écran dans une position intermédiaire telle que l'écoulement se fasse, à la fois, par-dessus et par-dessous (*fig.* 1).

---

(1) Séance du 23 février 1948.

Comme suite à nos recherches antérieures sur les barrages déversoirs, d'une part, et sur les vannes de fond, d'autre part, nous avons étudié le mouvement résultant de la superposition de ces deux modes d'écoulement. Ces recherches nous ont permis de mettre en évidence un phénomène alternatif de grande amplitude et particulièrement dangereux.



I. Considérons le mouvement plan réalisé dans un canal de verre à section rectangulaire, de 7^{cm} de largeur et 38^{cm} de hauteur, dans les conditions d'écoulement ci-dessous précisées, les notations étant celles de la figure 1,

$$h = 10^{cm},8, \qquad \Delta = 15^{cm}, \qquad A = 6^{cm},2.$$

En l'absence de retenue aval et de tout dispositif d'aération, il naît derrière l'écran à minces parois des tourbillons alternés de période égale à $0^{s},39$, avec une large oscillation de la surface libre.

La succession des phénomènes est visible sur la figure 2 : en (2 *a*), la surface libre est rabattue vers le bas par le tourbillon supérieur, et vient freiner l'écou-

lement par vanne de fond : cela engendre un tourbillon inférieur (2 *b*) qui se développe, et soulève progressivement la surface libre (*fig.* 2 *c*, 2 *d*, 2 *e*), jusqu'au moment où celle-ci est à nouveau rabattue par le tourbillon supérieur (*fig.* 2 *f*).

II. Les tourbillons alternés qui prennent ainsi naissance derrière l'écran mettent en jeu des efforts brutaux qui détruiraient rapidement une vanne de construction normale. En conséquence, nous avons recherché les conditions d'apparition de ces tourbillons en faisant varier systématiquement les divers paramètres A, h, Δ :

1° Les familles de courbes de la figure 3 donnent, en fonction du rapport A/Δ, les valeurs de h/Δ au-dessous desquelles l'écoulement s'effectue régulièrement, sans oscillations, pour diverses valeurs de Δ.

2° Leur examen montre que les battements n'existent pas pour les levées de la vanne satisfaisant à la condition $A/\Delta < 0,2$; il en est de même pour les lames déversantes de hauteur h telles que l'on ait $h/\Delta < 0,45$.

3° On en déduit que les oscillations n'interviennent, pour aucune position de la vanne, si la hauteur de l'écran satisfait à l'inégalité $\Delta \geq 0,6\mathrm{H}$.

Cette condition est généralement réalisée dans les barrages mobiles : toutefois, on peut concevoir *a priori* des ouvrages ayant un rapport Δ/H compris entre 0,50 et 0,60. Les conclusions de notre étude conduisent à écarter une telle solution pour laquelle les oscillations interviendraient en mettant l'ouvrage en danger, en l'absence d'aération suffisante. Nous avons, en effet, observé qu'une large aération du dos de l'écran élimine complètement le phénomène alternatif alors qu'une aération insuffisante peut, au contraire, l'amplifier.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Remarques sur la fusion de deux particules de Dirac.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat.**

Considérons les deux équations de Dirac

$$\partial_t \psi_i^{(1)} = \sum_p \alpha_p^{(1)} \partial_p^{(1)} \psi_i^{(1)} + \frac{\varkappa mc}{2} \alpha_4^{(1)} \psi_i^{(1)},$$

$$\partial_t \psi_i^{(2)} = \sum_p \alpha_p^{(2)} \partial_p^{(2)} \psi_i^{(2)} + \frac{\varkappa mc}{2} \alpha_4^{(2)} \psi_i^{(2)},$$

et supposons que l'équation du système résultant ait la forme suivante :

$$(1) \qquad \partial_t \psi_{ik} = \sum_p (\alpha_p^{(1)} \partial_p^{(1)} + \alpha_p^{(2)} \partial_p^{(2)}) \psi_{ik} + \left(\varkappa mc \frac{\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)}}{2} + \mathcal{H} \right) \psi_{ik}.$$

L'hamiltonien d'interaction $\mathcal{H}$ peut avoir la forme très générale

$$\mathcal{H} = a^0 \frac{\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)}}{2} + a^p \frac{\alpha_p^{(1)} + \alpha_p^{(2)}}{2} + \ldots + b^0 \frac{\alpha_4^{(1)} - \alpha_4^{(2)}}{2} + b^p \frac{\alpha_p^{(1)} - \alpha_p^{(2)}}{2} + \ldots.$$

Faisons le changement de variables

$$2\,X_1 = x_1^{(1)} + x_1^{(2)},\ \ldots, \qquad 2\,x_1 = x_1^{(1)} - x_1^{(2)},\ \ldots,$$

l'équation (1) s'écrit

$$\partial_t \psi_{ik} = \sum_p \frac{\alpha_p^{(1)} + \alpha_p^{(2)}}{2} \frac{\partial}{\partial X_p} \psi_{ik} + \sum_p \frac{\alpha_p^{(1)} - \alpha_p^{(2)}}{2} \frac{\partial}{\partial x_p} \psi_{ik} + \left(\varkappa mc \frac{\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)}}{2} + \mathcal{H} \right) \psi_{ik}.$$

Plaçons-nous dans le système propre et cherchons s'il existe des solutions satisfaisant à

$$(2) \qquad \partial_t \Phi_{ik} = \sum_p \frac{\alpha_p^{(1)} - \alpha_p^{(2)}}{2} \partial_p \psi_{ik} + \left(\varkappa mc \frac{\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)}}{2} + \mathcal{H} \right) \psi_{ik}.$$

Posons $\omega = (1 + a_0)/\varkappa mc$ et passons au système formé par les grandeurs tensorielles $A'_{ijk\ldots}$ résultant des combinaisons linéaires des Φ_{ik}. Cherchons s'il existe des solutions

$$A'_{ijk\ldots} = A_{ijk\ldots} e^{\varkappa mc^2 \omega t},$$

dont les équations se séparent en équations maxwelliennes relatives à $\vec{A}$, V, $\vec{E}$, $\vec{H}$ et en équations non maxwelliennes relatives à I_1, I_2, $\vec{\sigma}$, σ_4, Supposons, pour simplifier : $I_1 = \vec{\sigma} = \vec{H} = V = 0$. On constate que de l'équation (2) résultent alors les conditions suivantes :

$$a^{p4} = \pm i a^p, \qquad a^{pq} = \mp b^{pq4}, \qquad a^{pq4} = \mp b^{pq}, \qquad a^{123} = \pm i b^{1234}, \qquad a^{1234} = \mp b^{123},$$

$$\sigma_4 = \pm i I_2 \quad \text{avec} \quad \partial_p I_2 = b_p I_2 \mp i b_{p4} I_2,$$

$$\vec{E} = \mp \varkappa mc \vec{A} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \overrightarrow{\text{grad}}\, A = - b^p A_p \mp i b^{p4} A_p, \\ \text{rot}_p A = -(b \times A)_p \mp i (b_{q4} A_r - b_{r4} A_q), \end{cases}$$

en choisissant le signe supérieur si $a_4 = 0$ et le signe inférieur si $a_4 = 2\varkappa mc\omega$.

Nous pouvons faire les remarques suivantes :

1° S'il n'existe qu'une interaction du type scalaire (terme en a_0), ainsi qu'on le suppose habituellement, la séparation des grandeurs maxwelliennes et non maxwelliennnes dans le système propre exige

$$I_2 = \text{const.}$$

Il n'existe donc pas de solution non maxwellienne intéressante. La solution maxwellienne peut se déduire d'un potentiel satisfaisant à

$$\overrightarrow{\text{rot}}\, A^0 = 0, \qquad \text{div}\, A^0 = 0.$$

On peut choisir par exemple [1]

$$\vec{A}^0 = \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{k}{r} \right);$$

---

[1] C'est la solution introduite sous une autre forme par M. L. de Broglie (*Comptes rendus*, 203, 1936, p. 473).

2° S'il existe une interaction qui fait intervenir des coefficients $a^{pq\cdots}$, $b^{pq\cdots}$, satisfaisant aux conditions précédentes, on peut choisir l'invariant I_2 tel que

$$I_2 = \frac{k'}{r}.$$

Dans ce cas, le potentiel $\vec{A} = \vec{A}^0 f(r)$ est une solution des équations dans le système propre, $\vec{A}^0$ ayant la valeur précédente et f étant une fonction quelconque de r. Les coefficients b^p et b^{p4} auront alors la valeur suivante :

$$2\vec{b} = \overrightarrow{\text{grad}} \operatorname{Log} \frac{C}{fr}, \qquad 2ib_{p4} = \partial_p \operatorname{Log} \frac{Cr}{f}.$$

Inversement, si la forme d'interaction en b_p est quelconque,

$$2\vec{b} = \overrightarrow{\text{grad}} \operatorname{Log} \varphi(r),$$

le potentiel vecteur devra s'écrire $\vec{A} = \vec{A}^0 [C/r\varphi(r)]$.

MÉCANIQUE STATISTIQUE QUANTIQUE. — *Les principales familles de fonctions aléatoires et leurs propriétés*. Note de MM. **Edmond Arnous** et **Daniel Massignon**.

Nous avons examiné dans quelles circonstances, en théorie quantique, des grandeurs physiques forment un ensemble de fonctions aléatoires du temps, et nous avons indiqué à quelle condition ces fonctions aléatoires sont du second ordre [1].

Nous nous proposons dans cette Note d'introduire successivement, pour de telles fonctions aléatoires, les notions de continuité, de dérivabilité, de stationnarité et d'ergodicité.

1. Une fonction aléatoire du second ordre A sera *continue en moyenne quadratique* si $A_{t+\tau} \to A_t$ lorsque $\tau \to 0$, quel que soit t. La *courbe* décrite par A_t dans $\mathcal{R}(A)$ est alors une *courbe* continue, et S_τ est continue en tout point A_t de $\mathcal{R}(A)$.

La continuité du produit scalaire $(A_t, A_{t'})$ sur l'espace $\mathcal{R}(A) \times \mathcal{R}(A)$ entraîne :

Théorème. — *Pour qu'une fonction aléatoire du second ordre* A *soit continue, il faut et il suffit que la fonction de corrélation* $r(t, t') = (A_t, A_{t'})$ *soit une fonction continue dans le plan* t, t'. *Il suffit même qu'elle soit continue pour* $t = t'$ [2].

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 318 et p. 557.

[2] La fonction de corrélation dont il est question ici est l'analogue de la grandeur que M. Loève (*Comptes rendus*, 220, 1945, p. 95 et 380; 222, 1946, p. 469, 628, 942) appelle *covariance* dans la théorie classique des fonctions aléatoires.

2. Une fonction aléatoire du second ordre, continue, sera *dérivable en moyenne quadratique*, si l'opérateur $\dot{A}_t$, dérivée de A_t (3), est self-adjoint quel que soit t, c'est-à-dire s'il représente une grandeur physique (4).

Théorème. — *Si* A *est dérivable en moyenne quadratique, les opérateurs* $\dot{A}_t$ *forment un ensemble abélien et commutent avec* $A_{t'}$ *pour tout* t'. *En d'autres termes,* A *et* $\dot{A}$ *sont deux fonctions aléatoires simultanément enregistrables.* En effet, A_t permute avec $(A_{t'+\tau}-A_{t'})/\tau$, donc avec $\dot{A}_{t'}$. De même, $\dot{A}_t$ permute avec $(A_{t''+\tau}-A_{\tau''})/\tau$, donc avec $\dot{A}_{t''}$ (5).

Un cas important est celui où la fonction d'onde ψ appartient au domaine de $\dot{A}_t$ pour tout t. $\dot{A}$ est alors du second ordre, la *courbe* décrite par A_t dans $\mathcal{R}(A)$ a une *tangente*, et $\mathcal{R}(\dot{A})\subset\mathcal{R}(A)$.

Théorème. — *Pour que la dérivée d'une fonction aléatoire du second ordre* A *soit elle-même du second ordre, il faut et il suffit que* $\partial^2 r/\partial t.\partial t'$ *existe en tout point* t, t', *quelle que soit la façon dont on fasse tendre simultanément vers zéro les accroissements de* t *et* t' *dans le calcul de cette dérivée* (2).

3. Une fonction aléatoire du second ordre A sera *stationnaire* si les deux premiers moments de A_t sont indépendants de t et si, en outre, la fonction de corrélation $r(t,\ t+\tau)$ est une fonction de τ seul, c'est-à-dire si la corrélation entre deux mesures successives ne dépend que de l'intervalle de temps qui les sépare.

$$r(t,\ t+\tau)=r(\tau)=(A,\ A_\tau)=(A,\ S_\tau A)$$

est alors visiblement du type positif. Il lui correspond une fonction spectrale et une décomposition de A_t en fonctions aléatoires ξ_λ orthogonales à leurs accroissements

$$A_t=S_tA=\int e^{2\pi i t\lambda}d.\xi_\lambda.$$

Théorème. — *Pour qu'une fonction aléatoire du second ordre* A, *ayant un premier moment constant, soit stationnaire, il faut et il suffit que* S_τ *soit une transformation unitaire dans* $\mathcal{R}(A)$.

Cette condition est évidemment suffisante : S_τ étant isométrique

$$(S_\tau A,\ S_\tau A_t)=(A,\ A_t).$$

Elle est nécessaire : on montre successivement que S_τ est bornée, prolongeable dans tout $\mathcal{R}(A)$, et que $S_\tau^{-1}=S_\tau^*$.

---

(3) On appelle dérivée de la famille d'opérateurs A_t pour la valeur t_0 du paramètre, l'opérateur $\dot{A}_t$ défini en tout point f du domaine de $A_{t+\tau}$ (pour τ assez petit) et tel que $1/\tau$ $(A_{t+\tau}-A_t)f$ ait une limite quand $\tau\to 0$. Si g désigne cette limite, par définition $\dot{A}_tf=g$.

(4) Une telle condition n'était pas nécessaire en théorie classique, où les fonctions aléatoires n'apparaissent que par l'intermédiaire des lois de probabilité.

(5) Une démonstration correcte doit faire intervenir des familles spectrales des A_t et $\dot{A}_t$.

4. Afin d'étudier le comportement d'une série de mesures successives de la grandeur A (loi des grands nombres), il est intéressant d'introduire une notion générale d'ergodicité. Une fonction aléatoire du second ordre sera *ergodique*, si le plus petit convexe fermé contenant les A_t contient un élément invariant par la transformation S_τ.

THÉORÈME. — *Une fonction aléatoire stationnaire est ergodique.*

C'est une conséquence immédiate du théorème ergodique de von Neumann [6], puisque S_τ est alors unitaire.

6. Nous laisserons de côté ici les fonctions aléatoires organisées en chaînes et les processus à accroissements indépendants [7], qui en sont des ca particuliers, et nous terminerons par quelques remarques : si les opérateurs U_t forment un *groupe*, des simplifications apparaissent. Il suffit, par exemple, que A permute avec A_t pour tout t pour qu'il soit une fonction aléatoire; chacune des grandeurs physiques A_t est alors aussi une fonction aléatoire et $\mathcal{R}(\dot{A}) \equiv \dot{\mathcal{R}}(A_t)$. De plus, $\dot{A}_t = U_t^* \dot{A}\, U_t$, et, par suite, si $\dot{A}$ est self-adjoint, les $\dot{A}_t$ le sont aussi.

Enfin, quand le système est isolé, les U_t forment un groupe continu, $U_t = \exp.\{2\pi i t.H/h\}$ et l'on peut utiliser pour $\dot{A}_t$ l'expression

$$\dot{A}_t = \frac{2\pi i(A_t H - H A_t)}{h},$$

bien connue en Mécanique quantique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la désintégration du méson.* Note [1] de MM. CLAUDE MARTY et JACQUES PRENTKI, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. Lattès, Occhialini et Powell [2] ont récemment mis en évidence dans le rayonnement cosmique l'existence d'un méson lourd π se désintégrant en deux mésons légers μ et μ_0. En supposant que les mésons π soient responsables des forces nucléaires suivant le formalisme de Møller et Rosenfeld [3], il est possible de donner une interprétation simple de ce phénomène. On peut admettre que les mésons μ ont : *a*. soit un spin 1/2; *b*. soit un spin o ou 1. Dans l'hypothèse *a* il est facile de calculer la probabilité de la désintégration $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \mu^0$, en se basant sur la théorie des trous de Dirac. Dans le cas *b* la théorie conduit à des divergences qui rendent son interprétation difficile. En définitive nous supposerons que les mésons π sont, soit pseudo-scalaires, soit vectoriels, tandis que les mésons μ, ou mésons ordinaires du

---

(6) *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A.*, **18**, 1932, p. 70.

(7) *Voir* E. ARNOUS, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 389.

(1) Séance du 9 février 1948.

(2) *Nature*, **160**, 1947, p. 453 et 486.

(3) *Kgl. Danske Vid. Selsk.*, **17**, 1940, p. 8.

rayonnement cosmique, ont un spin 1/2, cette dernière hypothèse n'étant pas incompatible avec les phénomènes de création de gerbes ([4]).

2. En prenant les équations de Møller-Rosenfeld pour le champ mésique ([3]) et en appliquant le calcul des perturbations, on trouve pour la probabilité de désintégration λ^{μ}_{PS} d'un méson π pseudo-scalaire en une paire de fermions μ (dans un référentiel lié au méson π)

$$\lambda^{\mu}_{PS} = \frac{k\varepsilon_0\varepsilon_-}{2\pi\chi_\pi^2}\left\{(f_1^2+f_2^2)\left(1+\frac{\chi_0\chi_-}{\varepsilon_0\varepsilon_-}\right)+2f_1f_2\left(\frac{\chi_0}{\varepsilon_0}+\frac{\chi_-}{\varepsilon_-}\right)+(f_1^2-f_2^2)\frac{k^2}{\varepsilon_0\varepsilon_-}\right\},$$

où ε_0, ε_-, χ_0, χ_- sont respectivement les énergies et masses au repos des mésons μ neutre et chargé, k leur quantité de mouvement, χ_π la masse au repos du méson π et f_1 et f_2 les constantes de couplage des champs $\pi_{PS} - \mu$ ($\hbar = 1$, $c = 1$).

Pour le méson π vectoriel, on trouve

$$(2)\qquad \lambda^{\mu}_{v} = \frac{k\varepsilon_0\varepsilon_-}{2\chi_\pi^2}\left\{(g_1^2+g_2^2)\left(1+\frac{\chi_0\chi_-}{\varepsilon_0\varepsilon_-}\right)-2g_1g_2\left(\frac{\chi_0}{\varepsilon_0}+\frac{\chi_-}{\varepsilon_-}\right)+\frac{1}{3}(g_1^2-g_2^2)\frac{k^2}{\varepsilon_0\varepsilon_-}\right\},$$

où g_1 et g_2 sont les constantes de couplage des champs $\pi_v - \mu$.

Par passage à la limite $\chi_0 \to 0$, $\chi_- \to \chi_e$ (masse au repos de l'électron), on retrouve, à partir de (1) et (2), les expressions classiques de la probabilité de désintégration d'un méson en électron-neutrino

$$(3a)\qquad \lambda^{e}_{PS} = \frac{\chi_\pi}{8\pi}\left(f'_1 + f'_2\frac{\chi_e}{\chi_\pi}\right)^2,$$

$$(3b)\qquad \lambda^{e}_{v} = \frac{\chi_\pi}{24\pi}(2g'^2_1 + g'^2_2).$$

Les données numériques de ([2]) permettent de simplifier les formules (1) et (2), car les mésons μ ont des énergies cinétiques faibles. On trouve, avec $(\chi_-/\chi_\pi) = 0,6$, $(\chi_0/\chi_\pi) = 0,9$,

$$(4a)\qquad \lambda^{\mu}_{PS} = \frac{k}{4\pi}(f_1 + f_2)^2,$$

$$(4b)\qquad \lambda^{\mu}_{v} = \frac{k}{4\pi}(g_1 - g_2)^2.$$

La théorie mésique à 5 dimensions de Møller ([5]) permet d'abaisser le nombre des constantes figurant dans les relations ci-dessus. On pose

$$f_1 = g_1;\qquad f_2 = -g_2;\qquad f'_1 = g'_1;\qquad f'_2 = -g'_2;$$

(4a) et (4b) se réduisent alors à

$$(5)\qquad \lambda^{\mu} = \frac{k}{4\pi}(f_1 + f_2)^2.$$

([4]) CHRISTY et KUSAKA, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 414.

([5]) *Kgl. Danske Vid. Selsk.*, 18, 1941, p. 6.

La théorie de Møller prévoit en outre l'existence de différents états de masse pour les particules élémentaires. Il est tentant de supposer que mésons μ et électrons-neutrinos sont précisément deux états d'une même particule et que par conséquent leurs constantes de couplage vis-à-vis des mésons sont identiques $f_1 = f'_1$, $f_2 = f'_2$. On trouve alors pour $|f_2| \gg |f_1|$ les *vies moyennes* $\tau_{ps} \sim 10^{-10}$ s; $\tau_V \sim 5.10^{-11}$ s.

4. Les vies moyennes ainsi obtenues sont beaucoup trop courtes pour permettre l'observation des mésons π si *ceux-ci ne sont pas créés localement* (2). A la précision des résultats expérimentaux utilisés, il semble donc correct de supposer, comme il a été fait ci-dessus, que mésons μ et électrons-neutrinos sont des états différents d'une même particule. On montre alors que les mésons π_{ps} se transforment plus rapidement en mésons μ qu'en électrons, tandis que pour π_V les probabilités des deux types de désintégration sont du même ordre.

Pour ce qui est de la radioactivité β du méson μ, on peut l'expliquer par la transition état excité $\rightarrow$ état fondamental, avec émission d'un boson neutre, très instable vis-à-vis de la décomposition en γ (6).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la constante de rotation* B_J *des niveaux d'énergie moléculaires.* Note (1) de M. **Jean G. Valatin.**

Le carré du moment cinétique résultant d'une molécule diatomique est une constante du mouvement et les valeurs d'énergie de la molécule peuvent être données en fonction de ses valeurs propres $J(J+1)$. La représentation des différentes valeurs d'énergie d'un état électronique en fonction de $J(J+1)$ fournit une image très caractéristique du système d'énergie de l'état électronique, et les pentes des courbes d'énergie ont un sens physique simple, donnant les valeurs moyennes de l'inverse du carré de la distance internucléaire. Nous voulons examiner cette relation, en montrant sa validité dans le cas aussi des très fortes perturbations homogènes.

Les constantes de rotation $B_{J'} = [\partial E/\partial J(J+1)]_{J=J'}$ peuvent être déterminées directement aussi par l'expérience, les différences de combinaisons des bandes spectrales fournissant les pentes pratiquement identiques des cordes correspondantes. Par exemple, dans le cas simple, où les bandes se réduisent à une branche R, on obtient en émission pour les niveaux d'énergie de l'état initial

$$B_J = \frac{E_{J+1} - E_J}{4J+2} = \frac{\Delta_2 F'(J)}{4J+2} = \frac{R(J) - P(J)}{4J+2}. \quad (1)$$

(6) Finkelstein, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 415.

(1) Séance du 16 février 1948.

En introduisant un système de coordonnées convenable [2] x, y, z lié aux noyaux et caractérisé par rapport à un système d'inertie par des angles eulériens ϑ, ψ, φ, les termes de l'opérateur d'énergie d'une molécule diatomique représentant le couplage entre rotation et mouvement électronique peuvent s'écrire sous la forme

$$(2) \qquad -\frac{1}{4\pi^2\mu}\frac{1}{r^2}(L_x M_x + L_y M_y).$$

L_x, L_y, L_z sont les composants du moment cinétique résultant des électrons, M_x, M_y, M_z les composants du moment cinétique résultant de la molécule, μ est la masse réduite des noyaux, r la distance internucléaire. Abstraction faite de ces termes de couplage, les coordonnées angulaires peuvent être séparées et la fonction d'onde de la molécule s'écrit

$$(3) \qquad \Psi^{(\Omega)}(x_i, r, \vartheta, \psi, \varphi) = \Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r)\Theta_\Omega^{JM}(\vartheta, \psi, \varphi).$$

x_i représente les coordonnées des électrons et l'état moléculaire correspond à une valeur Ω définie de L_z dans la direction de l'axe joignant les noyaux. Pour la fonction $\Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r)$ on obtient l'équation

$$(4) \qquad H_\Omega\Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r) = \left\{\frac{h^2}{8\pi^2\mu}\left(-\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{L_x^2 + L_y^2 - L_z^2}{r^2}\right) + T_e + U + J(J+1)\frac{h^2}{8\pi^2\mu}\frac{1}{r^2}\right\} \times \Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r) = E\Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r),$$

T_e représente l'énergie cinétique des électrons et U les interactions entre les particules. Dans cette équation la quantité $J(J+1)$ correspondant à M^2 intervient seulement comme paramètre et les valeurs propres E de l'énergie, ainsi que les fonctions d'onde $\Phi_J^{(\Omega)}(x_i, r)$ peuvent être considérées comme fonctions de ce paramètre.

En dérivant l'équation (4) par rapport à ce paramètre, on peut écrire

$$(5) \qquad \frac{\partial H_\Omega}{\partial J(J+1)}\Phi_J^{(\Omega)} + H_\Omega\frac{\partial\Phi_J^{(\Omega)}}{\partial J(J+1)} = \frac{\partial E}{\partial J(J+1)}\Phi_J^{(\Omega)} + E\frac{\partial\Phi_J^{(\Omega)}}{\partial J(J+1)}.$$

Multipliant cette équation à gauche par $\bar{\Phi}_J^{(\Omega)}$ et sommant par rapport aux variables, les deuxièmes termes des deux membres donnent des intégrales égales par suite de l'hermiticité de l'opérateur H_Ω. Avec une fonction $\Phi_J^{(\Omega)}$ convenablement normalisée, il résulte que

$$(6) \qquad B_J = \frac{\partial E}{\partial J(J+1)} = \int\bar{\Phi}_J^{(\Omega)}\frac{\partial H_\Omega}{\partial J(J+1)}\Phi_J^{(\Omega)}\,dx_i\,dr = \frac{h^2}{8\pi^2\mu}\int\bar{\Phi}_J^{(\Omega)}\frac{1}{r^2}\Phi_J^{(\Omega)}\,dx_i\,dr.$$

Comme la sommation par rapport aux variables angulaires ne change pas ce

---

[2] J. G. Valatin, *Hungarica Acta Physica*, **1**, 1947, p. 23; *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 458.

résultat, du point de vue de l'équation (4), la constante de rotation B_J donne exactement la valeur moyenne de $1/r^2$ dans les états d'énergie de la molécule. Ce résultat est valable aussi dans le cas des fortes perturbations homogènes [3], les termes causant ces perturbations étant contenus dans l'opérateur H_Ω.

Si l'on tient compte des termes de couplage (2) de rotation, ceux-ci ont pour effet de coupler les états de différents nombres quantiques Ω. Puisque les éléments de matrices de l'opérateur (2) dépendent encore explicitement du nombre quantique J, la relation (6) n'a qu'une validité approximative. La considération des ordres de grandeur montre cependant que l'approximation est en général bonne.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude à l'oscillographe cathodique des phénomènes transitoires à très basse fréquence difficiles à synchroniser.* Note [1] de M. **Frantz Perrier**, transmise par M. Aimé Cotton.

Les montages habituellement utilisés pour l'étude, à l'oscillographe cathodique, des phénomènes transitoires s'avèrent défectueux pour des phénomènes se reproduisant environ toutes les demi-secondes, comme c'est le cas par exemple pour la formation des gouttes de mercure d'un polarographe. Avec des périodes aussi longues et aussi mal définies que celles des oscillations de relaxation, la base de temps des oscillographes se synchronise très mal et l'on obtient sur l'écran de l'oscillographe une courbe peu stable avec laquelle il est difficile et fatigant de faire des mesures précises. Je me suis proposé, pour éviter cet inconvénient, de mettre au point une méthode de mesures pouvant s'employer avec tous les oscillographes et n'utilisant que du matériel facile à se procurer.

Principe de la méthode. — La méthode proposée est la traduction expérimentale d'un mode d'étude théorique bien connu dans le domaine des oscillations de relaxation : le tracé des courbes intégrales [2]. Ces courbes ne font pas intervenir explicitement le temps, leur image sur l'écran de l'oscillographe doit donc être stable : c'est ce que l'expérience vérifie.

Pour obtenir une courbe intégrale, il suffit de déconnecter les plaques de l'oscillographe, de l'amplificateur d'une part et de la base de temps d'autre part; d'appliquer, comme d'ordinaire, la tension à étudier à l'entrée de l'amplificateur, et de brancher à la sortie de celui-ci un condensateur C en série avec une résistance R. Désignons par v, v_x, v_y les différences de potentiel à la sortie

---

[3] Pour des courbes d'énergie $E = E[J(J+1)]$ dans le cas des très fortes pertubations homogènes du spectre de la molécule AgH, *voir* par exemple : L. Gerö et R. Schmid, *Zeitschrift für Physik*, 121, 1943, p. 459.

[1] Séance du 1er mars 1948.

[2] *Voir* par exemple : A. Liénard, *Revue générale d'Électricité*, 23, 1928, p. 901.

de l'amplificateur, aux bornes du condensateur et de la résistance. Ces trois quantités sont reliées par les deux relations

$$v = v_x + v_y, \tag{1}$$

$$v_y = CR\frac{dv_x}{dt}. \tag{2}$$

Si l'on applique v_x et v_y respectivement aux deux paires de plaques de l'oscillographe, on obtient une courbe intégrale; C et R doivent être tels que le débit de l'amplificateur, fonctionnant dans ces conditions, n'excède pas son débit normal et que la constante de temps CR soit très faible vis-à-vis de la plus faible durée qui amène une variation mesurable du phénomène étudié. Une résistance de l'ordre du mégohm et une capacité de l'ordre du millième de microfarad conviennent très bien. Il est commode de prendre un condensateur variable du type utilisé en T. S. F. qui permet d'ajuster à chaque instant les sensibilités relatives des abscisses et des ordonnées suivant la particularité de la courbe intégrale que l'on se propose d'observer.

Vérifications et essais du montage. — 1. Les équations (1) et (2) supposent implicitement l'amplificateur sans distorsion; il faut évidemment vérifier cette hypothèse. L'oscillographe porte en lui-même les éléments de cette vérification. Branchons à l'entrée de l'amplificateur la tension de balayage de l'oscillographe : celle-ci est une fonction linéaire du temps et doit, d'après (1) et (2), donner comme courbe intégrale une parallèle à l'axe des x. Si cette condition est vérifiée, c'est que : la base de temps, l'amplificateur, la capacité et la résistance utilisés conviennent. Le matériel dont je dispose vérifie cette condition jusqu'à des fréquences supérieures à 1000 cycles par seconde.

2. Au semi-palier des polarogrammes ([3]) doit correspondre également une parallèle à l'axe des x. Cela a été vérifié en faisant fonctionner deux oscillographes en parallèle, l'un donnant la courbe directe, l'autre la courbe intégrale; on constate ainsi qu'à un allongement du semi-palier correspond un allongement proportionnel de la partie horizontale de la courbe intégrale.

3. Les oscillations de relaxation d'un condensateur se chargeant à travers une résistance et se déchargeant dans une lampe au néon permettent de vérifier qu'à l'exponentielle correspond une droite inclinée, ainsi qu'il résulte immédiatement des deux équations fondamentales.

4. Enfin, comme le montage proposé est celui que l'on emploie aussi pour obtenir des oscillogrammes elliptiques à partir d'une tension sinusoïdale, l'utilisation d'une telle tension de fréquence connue, permet par la mesure de l'ellipticité de la courbe obtenue de déterminer la constante de temps CR sur

([3]) Un polarogramme est dessiné dans une Note de F. Bon (*Comptes rendus*, 222, 1946, p. 287); on trouvera dans cette Note la définition du semi-palier et pourra constater que, même sur cette courbe schématique, la nature même du phénomène limite la précision.

l'appareil lui-même, c'est-à-dire dans des conditions très voisines des conditions d'emploi. Signalons de plus que, l'œil étant très sensible aux moindres irrégularités du contour d'une ellipse, les harmoniques sont nettement mis en évidence, même si leur amplitude est très faible.

Conclusions. — 1. Ce montage, mis au point en vue de mesures polarographiques, s'est révélé efficace. Malgré l'irrégularité des gouttes qui sortent d'un capillaire, la courbe intégrale obtenue est assez stable pour que des mesures de semi-palier puissent être faites à un millimètre près, c'est-à-dire avec une précision de l'ordre de 5 % : la définition même de la grandeur à mesurer rendrait illusoire une précision meilleure.

2. On peut évidemment appliquer ce montage à d'autres phénomènes transitoires et aux oscillations de relaxation à très basse fréquence. La courbe intégrale complète la courbe tracée en fonction du temps, mettant en évidence les singularités de la courbe (points d'inflexion, points anguleux, etc.) et étalant sur l'écran les parties de courbe qu'un balayage linéaire permet mal d'observer. C'est ainsi que la courbe intégrale correspondant au balayage linéaire de la base de temps de l'oscillographe permet d'analyser le retour du spot qui occupe sur l'écran une longueur environ 3 fois plus grande que l'aller.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'obtention de surfaces métalliques fraîches par abrasion mécanique dans le vide, et sur l'étude de ces surfaces par diffraction électronique.* Note [1] de M. **Robert Courtel.**

Un trait commun à tous les modes de préparation et de finition des surfaces métalliques, aussi bien par des moyens mécaniques que par voie électrolytique, est la présence d'un milieu ambiant susceptible d'agir chimiquement sur la surface à plus ou moins brève échéance (oxygène de l'air, électrolyte de la solution conductrice, etc.) ou simplement capable de s'adsorber immédiatement sur elle. La présence du film résultant, de nature et de structure généralement mal définies, d'épaisseur souvent très faible, peut cependant exercer un effet déterminant sur les propriétés superficielles et physico-chimiques du métal. (frottement par exemple).

Il a paru intéressant de réaliser dans le vide le processus habituel de l'usinage ou du polissage, afin de déterminer de façon certaine les facteurs qui tiennent à la présence de l'air ou des impuretés ambiantes. Le meulage a été choisi comme opération-type, susceptible de conduire à un état de surface bien défini et reproductible; cette opération est effectuée *dans l'enceinte même* d'un analyseur électronique, ce qui permet d'en contrôler à tout instant la marche, puis d'examiner les surfaces obtenues par la diffraction des électrons. Dans la série d'essais effectués jusqu'ici, le moteur entraînant la meule était placé tout entier

(1) Séance du 23 février 1948.

dans le vide; les mouvements de translation et de rotation nécessaires pour la mise en place de la meule et de l'échantillon, la réalisation des passes de rectification, et l'examen de la surface, étaient obtenus par l'intermédiaire de rodages plans ou coniques, graissés. Au cours de ces diverses opérations, l'analyseur était sous tension (40 kV), et le vide se maintenait de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure, même lorsque le moteur d'entraînement tournait durant une quinzaine de minutes à 15 000 t/min (ce qui correspond à une vitesse de coupe de l'ordre de 15 m/sec à la périphérie de la meule en alundum de diamètre 2^{cm}). Des dispositions étaient prises pour éviter la déviation des électrons par le champ magnétique du moteur.

Dans ces conditions, le meulage d'un échantillon d'acier ordinaire conduit régulièrement à un diagramme de diffraction intense de fer α fortement écroui (*fig.* 1); ce diagramme s'affaiblit progressivement tandis que viennent

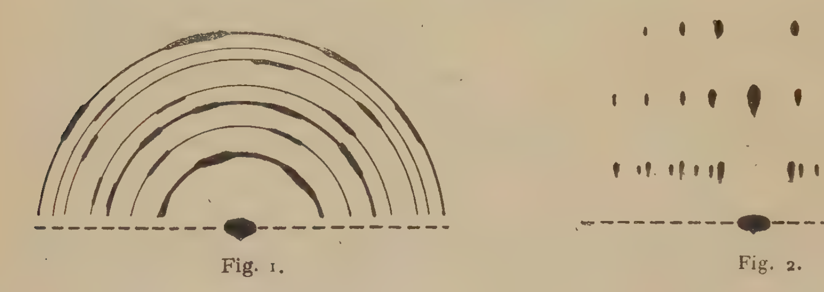


Fig. 1. Fig. 2.

s'y superposer, après quelques minutes, trois taches symétriquement disposées et caractéristiques d'un dépôt de corps gras orienté (Murison, Andrews, Trillat); au bout d'une quinzaine de minutes, dans tous les cas où l'on a opéré avec les précautions indispensables (échantillon et meule très propres au départ), le diagramme de fer α a disparu à peu près totalement, tandis que sont apparues progressivement un grand nombre de taches extrêmement nettes et intenses, correspondant à une couche grasse constituée de molécules parfaitement orientées et régulièrement disposées (*fig.* 2); des diagrammes à peu près identiques ont été observés par Nelson (2), mais avec une technique différente. L'interprétation première de ces phénomènes d'orientation des corps gras a été donnée par J.-J. Trillat et V. Hirsch (3), et J.-J. Trillat et H. Motz (4) qui ont montré que ces diagrammes disparaissent sous l'impact un peu prolongé du faisceau d'électrons ou sous l'action du benzène sur la surface de l'échantillon.

Le phénomène observé, aisément et régulièrement reproductible, est en

(2) *Physical Review*, **44**, 1933, p. 717.

(3) *Comptes rendus*, **215**, 1932, et *Journal de Physique*, **38**, janvier 1933.

(4) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1299; *Annales de Physique*, **4**, 1935, p. 273-304; *Trans. Faraday Soc.*, **31**, 1935, p. 1127-1134.

faveur de l'hypothèse qu'une surface mécanique fraîchement préparée et non souillée doit posséder une activité considérable du point de vue physico-chimique : les corps gras, constamment présents dans l'appareil du fait des rodages graissés, de la pompe à diffusion à huile et du moteur légèrement lubrifié, se déposent rapidement sur l'échantillon en s'orientant parfaitement et en se disposant très régulièrement. Ces faits sont en accord avec les expériences de J.-J. Trillat (*loc. cit.*) sur la contamination accidentelle ou provoquée des surfaces métalliques, mais ils apportent un élément nouveau et important, à savoir la présence de surfaces fraîches obtenues à partir d'un métal massif, préparées à l'abri de toute contamination.

Comme contre-épreuve, si l'on répète l'opération du meulage sur le même échantillon, mais cette fois dans l'air, on n'obtient plus, dans les mêmes conditions expérimentales d'observation, le diagramme de taches caractéristique de l'adsorption des molécules grasses orientées sur la surface ainsi préparée.

D'une façon générale, la technique du meulage et du polissage dans le vide paraît susceptible de conduire à des résultats nouveaux à mesure qu'elle se perfectionnera, tant par l'amélioration des conditions mécaniques de son emploi que par l'élimination progressive de toutes les causes de contamination des surfaces obtenues. Nous nous proposons d'étudier systématiquement ces phénomènes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Pouvoirs d'arrêt de diverses substances pour un fragment de fission donné de l'uranium.* Note (1) de M. **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous donnons ici une extension pour diverses substances du résultat que nous avons déjà publié pour l'or (2). Avec une méthode (3) due à M. F. Joliot, nous avons mesuré (4) le parcours maximum dans l'aluminium du $^{97}_{40}Zr$, de période 17 heures, venant par fission d'une couche mince d'urane déposée électrolytiquement sur une lame de cuivre. Ce parcours était obtenu par la mesure au compteur Geiger-Muller de l'activité due au zirconium de période 17 heures, venant après séparation chimique de feuilles minces d'aluminium d'environ 0,18 mg/cm² empilées sur la couche mince d'urane. Nous rappelons, comme nous l'avons déjà indiqué (2), que dans une autre expérience, nous avons mis sur la couche d'urane une feuille d'or de 9,89 mg/cm², et au-dessus de celle-ci des feuilles d'aluminium de 0,18 mg/cm². L'étude de l'activité du zirconium 17 heures venant de ces dernières feuilles nous a donné une fin de

(1) Séance du 16 février 1948.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1155.
(3) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 488.
(4) *Jour. de Phys.*, fév. 1947, p. 39.

parcours. Par translation convenable des abscisses, c'est-à-dire de l'épaisseur traversée en mg/cm² d'Al, et par multiplication par un facteur convenable des ordonnées, c'est-à-dire de l'activité de chaque feuille d'aluminium ramenée à une même épaisseur, nous avons fait coïncider par superposition cette fin de parcours avec la fin de la courbe donnant le parcours du zirconium dans l'aluminium. Nous avons ainsi trouvé que la feuille d'or de 9,89 mg/cm² équivaut à une feuille d'aluminium de 3,46 mg/cm². Ceci nous donne un pouvoir d'arrêt massique de l'or par rapport à l'aluminium

$$p_{Au} = 0,350 \pm 0,005,$$

la précision de 2 % indiquée résulte de l'opération de superposition des deux courbes de fin de parcours, d'une part après traversée de l'aluminium, d'autre part après traversée de l'or suivant la méthode que nous venons de décrire.

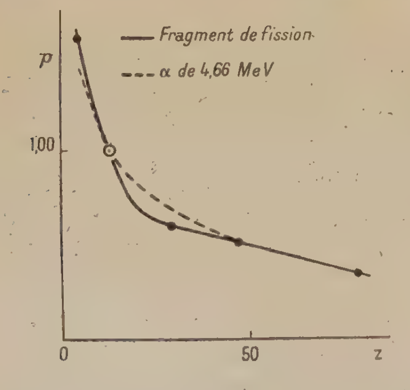
D'autres expériences identiques ont été répétées avec :

1° Une feuille d'argent de 6,50 mg/cm²;

2° Une feuille de laiton de 5,16 mg/cm²;

3° Une feuille d'acétate de cellulose de 2,20 mg/cm².

D'une façon plus précise, la feuille de laiton contenait 85 % de cuivre et 15 % de zinc. C'est pratiquement comme si nous avions une feuille de cuivre, car le zinc a un numéro atomique supérieur seulement d'une unité à celui du cuivre. Les feuilles d'acétate de cellulose, bien régulières en épaisseur, ont été obtenues par évaporation dans une cuvette de verre de 20^{cm} de diamètre à fond plat et horizontal de 25$^{cm^3}$ environ d'une solution d'acétate de cellulose dans de l'acétone (4^g dans 100$^{cm^3}$). Nous donnons nos résultats dans le tableau ci-dessous, et nous



	α	Fragments de fission	
	4,66 MeV.	Segré. Wiegand.	Suzor.
Collodion....	1,38	1,70	
Acétate de cellulose....			1,60 ±0,03
Al..........	1	1	1
Cu..........	0,69	0,66	0,59 ±0,01
Ag..........	0,51	0,55	0,52 ±0,01
Au..........	0,36	0,34	0,35 ±0,005

rappelons ceux relatifs à des particules α de 4,66 MeV, ainsi que ceux de Segré et Wiegand ([5]) valables pour le mélange des produits de fission. Pour montrer la différence de comportement des α de 4,66 MeV et du produit de fission $^{97}_{40}Zr$, nous donnons ci-contre la courbe des pouvoirs d'arrêt p en fonction du nombre atomique Z. Pour l'acétate de cellulose nous avons pris le nombre atomique moyen 4,2.

([5]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 808.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude réfractométrique des acétophénones substituées sur le* CH_3. Note [1] de MM. **Claude Cherrier** et **Jacques Metzger**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'un de nous [2] poursuivant une étude sur la liaison C = O des cétones, nous avons déterminé les réfractions moléculaires des acétophénones substituées sur le CH_3. La préparation de ces substances fera l'objet d'une prochaine Note en collaboration avec G. Fanica. Toutes les déterminations de densités et d'indices de réfraction ont été faites à 25°,0. Les indices ont été mesurés pour les raies suivantes : C(6562,8 Å), D(5893 Å), *e*(5460,7 Å), F(4861,3 Å), et *g*(4358,3 Å). Les exaltations moléculaires (E. M.) et spécifiques (E. Σ.) sont indiquées pour chaque substance; l'exaltation de dispersion spécifique est exprimée en pour cent. La précision des mesures est : $\Delta d \leqq 4.10^{-4} d$; $\Delta n \leqq 0,80.10^{-5} n$; $\Delta R \leqq 6.10^{-4} R$.

1° *Acétophénone :* E_{12} 83°,5; $d = 1,0245$;

$n_c = 1,52660$; $n_D = 1,53206$; $n_e = 1,53689$; $n_F = 1,54624$; $n_g = 1,55843$.

Réfract. Molécul.......	R_C.	R_D.	R_e.	R_F.	R_g.	$R_F - R_C$.
Calc. pr. $C_8H_8O_3$....	35,29	35,54	35,77	36,14	36,63	0,86
Mesuré............	36,04	36,34	36,62	37,15	37,83	1,11
E. M..............	+ 0,75	+ 0,80	+ 0,85	+ 1,01	+ 1,20	+0,25
E. Σ..............	**+ 0,62**	**+ 0,66**	**+ 0,71**	**+ 0,84**	**+ 1,00**	**+29%**

2° *Propiophénone :* F 18°,6; $d = 1,0069$;

$n_C = 1,51997$; $n_D = 1,52505$; $n_e = 1,52935$; $n_F = 1,53797$; $n_g = 1,54902$.

Calc. pr. $C_9H_{10}O_3$....	39,88	40,17	40,40	40,81	41,34	0,93
Mesuré............	40,51	40,84	41,12	41,68	42,40	1,17
E. M..............	+ 0,63	+ 0,67	+ 0,72	+ 0,87	+ 1,14	+0,24
E. Σ..............	**+ 0,47**	**+ 0,50**	**+ 0,54**	**+ 0,65**	**+ 0,85**	**+26%**

3° *Éthylacétophénone :* $É_2$ 80°; $d = 0,9858$;

$n_C = 1,51295$; $n_D = 1,51775$; $n_e = 1,52190$; $n_F = 1,53000$; $n_g = 1,54052$.

Calc. pr. $C_{10}H_{12}O_3$...	44,48	44,79	45,04	45,48	46,05	1,10
Mesuré............	45,18	45,54	45,84	46,44	47,21	1,26
E. M..............	+ 0,70	+ 0,75	+ 0,80	+ 0,96	+ 1,16	+0,16
E. Σ..............	**+ 0,47**	**+ 0,51**	**+ 0,54**	**+ 0,65**	**+ 0,78**	**+15%**

4° *Diméthylacétophénone :* $É_{18}$ 106°; $d = 0,9800$;

$n_C = 1,51068$; $n_D = 1,51550$; $n_e = 1,51959$; $n_F = 1,52781$; $n_g = 1,53720$.

Calc. pr. $C_{10}H_{12}O_3$...	44,48	44,79	45,04	45,48	46,05	1,10
Mesuré............	45,28	45,64	45,94	46,55	47,25	1,27
E. M..............	+ 0,80	+ 0,85	+ 0,90	+ 1,07	+ 1,20	+0,17
E. Σ..............	**+ 0,54**	**+ 0,57**	**+ 0,61**	**+ 0,72**	**+ 0,81**	**+15%**

---

[1] Séance du 23 février 1948.

[2] Cl. Cherrier, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 930, 997, 1063, 1306.

5° *Triméthylacétophénone* : $É_{12}$ 100°; $d = 0,9652$;

$n_C = 1,50263$; $n_D = 1,50700$; $n_e = 1,51071$; $n_F = 1,51807$; $n_g = 1,52658$.

Calc. pr. $C_{11}H_{14}O_3$....	49,08	49,41	49,67	50,15	50,76	1,17
Mesuré..............	49,65	50,01	50,28	50,94	51,64	1,29
E. M................	+ 0,57	+ 0,60	+ 0,61	+ 0,79	+ 0,88	+0,12
E. Σ................	+ **0,35**	+ **0,37**	+ **0,38**	+ **0,48**	+ **0,54**	+**10%**

6° *Diméthylallylacétophénone* : $É_8$ 115°; $d = 0,9700$;

$n_C = 1,51217$; $n_D = 1,51679$; $n_e = 1,52068$; $n_F = 1,52809$; $n_g = 1,53641$.

Calc. pr. $C_{13}H_{16}O_4$....	57,77	58,18	58,50	58,95	59,82	1,23
Mesuré..............	58,25	58,70	59,07	59,76	60,56	1,51
E. M................	+ 0,48	+ 0,52	+ 0,57	+ 0,81	+ 0,74	+0,28
E. Σ................	+ **0,26**	+ **0,28**	+ **0,31**	+ **0,44**	+ **0,40**	+**23%**

7° *Méthyléthylallylacétophénone* : $É_{0,5}$ 123°; $d = 0,9688$;

$n_C = 1,51435$; $n_D = 1,51878$; $n_e = 1,52269$; $n_F = 1,53021$; $n_g = 1,53891$.

Calc. pr. $C_{14}H_{18}O_4$....	62,37	62,80	63,13	63,62	64,53	1,40
Mesuré..............	62,91	63,36	63,76	64,52	65,40	1,61
E. M................	+ 0,54	+ 0,56	+ 0,63	+ 0,90	+ 0,87	+0,21
E. Σ................	+ **0,27**	+ **0,28**	+ **0,31**	+ **0,44**	+ **0,43**	+**15%**

8° *Ethylallylacétophénone* : $É_5$ 115°; $d = 0,9669$;

$n_C = 1,51426$; $n_D = 1,51879$; $n_e = 1,52295$; $n_F = 1,52930$; $n_g = 1,54096$.

Calc. pr. $C_{13}H_{16}O_4$....	57,77	58,18	58,50	58,95	59,82	1,23
Mesuré..............	58,65	59,08	59,48	60,07	61,19	1,42
E. M................	+ 0,88	+ 0,90	+ 0,98	+ 1,12	+ 1,37	+0,19
E. Σ................	+ **0,47**	+ **0,48**	+ **0,52**	+ **0,60**	+ **0,73**	+**15%**

9° *Diéthylallylacétophénone* : $É_4$ 133°; $d = 0,9736$;

$n_C = 1,51583$; $n_D = 1,52004$; $n_e = 1,52366$; $n_F = 1,53069$; $n_g = 1,53877$.

Calc. pr. $C_{15}H_{20}O_4$....	66,97	67,41	67,77	68,28	69,24	1,47
Mesuré..............	67,09	67,55	67,95	68,70	69,57	1,61
E. M................	+ 0,12	+ 0,14	+ 0,18	+ 0,42	+ 0,23	+0,14
E. Σ................	+ **0,06**	+ **0,06**	+ **0,08**	+ **0,19**	+ **0,11**	+**10%**

10° *Ethyldiallylacétophénone* : $É_5$ 143°,5; $d = 0,9776$;

$n_C = 1,52238$; $n_D = 1,52680$; $n_e = 1,53055$; $n_F = 1,53796$; $n_g = 1,54644$.

Calc. pr. $C_{16}H_{20}O_5$....	71,07	71,56	71,95	72,55	73,59	1,63
Mesuré..............	71,28	71,79	72,20	73,03	74,00	1,75
E. M................	+ 0,21	+ 0,23	+ 0,25	+ 0,48	+ 0,41	+0,12
E. Σ................	+ **0,09**	+ **0,10**	+ **0,11**	+ **0,21**	+ **0,18**	+**7%**

Les résultats de dispersion spécifique concernant l'acétophénone et ses homologues mono-, di- et triméthylés semblent indiquer que dans cette série l'effet d'hyperconjugaison du groupe alcoyle sur la fonction cétonique l'emporte sur l'effet inductif : l'exaltation spécifique décroissant dans l'ordre méthyl-, éthyl-, isopropyl-, butyltertiaire.

Les mêmes conclusions peuvent être déduites des résultats concernant les homologues allylés avec de légères modifications du fait de la configuration spatiale particulière de ces cétones.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode d'évaluation de l'efficacité des échangeurs d'anions.* Note de M. **Geza Austerweil**, présentée par M. Maurice Javillier.

Depuis que l'on connaît la préparation d'une eau presque identique à l'eau distillée à l'aide de l'échange consécutif des cations et anions de l'eau ordinaire contre les ions H et OH (1), de nombreux appareils mettant ce procédé en œuvre ont vu le jour (2). Une demande d'échangeurs en est résultée et l'industrie à satisfait à cette demande; toute une gamme de produits apparut, et des méthodes pour les éprouver devinrent nécessaires.

Tandis que pour les échangeurs de cations la détermination de la capacité totale (3) et du coefficient d'échange (4) constitue un moyen de contrôle suffisant, surtout avec la détermination du pK de l'acide lors de l'échange d'ions H, les échangeurs d'anions présentaient des difficultés d'évaluation, leur coefficient d'échange étant d'une détermination plus que laborieuse, car l'échange d'un anion fixé sur la base insoluble que constitue l'échangeur avec un autre anion à l'état de sel (ou d'acide) en solution est fort lente, l'équilibre n'étant atteint qu'au bout de plusieurs dizaines d'heures. A peu d'exceptions près (5), un tel échange n'a guère été réalisé effectivement, à cause de son extrême lenteur (6).

Par contre, on peut envisager une détermination de l'efficacité d'un échangeur d'anions en se basant sur le fait suivant : le fonctionnement d'un échangeur d'anions est limité à l'échange d'un ion OH contre un ion H; ce n'est, en quelque sorte, qu'une neutralisation, la base libre qu'est l'échangeur se transformant en sel. Il est probable que dans beaucoup de cas, cette base faible

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1236.

(2) Le premier appareil donnant l'eau quasi distillée par ce procédé a fonctionné le 7 juillet 1937.

(3) *Comptes rendus*, 191, 1931, p. 1013.

(4) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 505.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 67.

(6) *Koll. Zeits.*, 31, 1922, p. 19.

qu'est l'échangeur n'existe pas (ou peu) sous sa forme hydratée, et qu'il n'y a pas véritablement un échange des OH contre H, mais seulement fixation plus ou moins stable de la molécule d'un acide sur la base. C'est ce qui permet d'établir une méthode simple d'évaluation des échangeurs d'anions. Ces derniers, bases faibles insolubles, fixeront d'autant moins d'acide que l'acide sera plus dilué; l'eau formant solvant de l'acide agira comme agent hydrolysant. La quantité de l'acide que pourra retenir un échangeur sera donc fonction : 1° de la capacité de l'échangeur, et 2° de la *dilution de l'acide* mis en œuvre pour le saturer. En principe, la variation des quantités d'acide qu'un échangeur d'anions peut fixer à partir d'acides à concentration variable peut servir de mesure pour déterminer sa valeur; et cela peut être caractérisé par la constante de la courbe qui représente les variations des quantités d'acide fixées, rapportées à l'unité, en fonction des concentrations des acides mis en œuvre. Il suffit de saturer un volume, ou un poids, connu d'un échangeur avec différents lots d'acides à concentration décroissante (en régénérant l'échangeur entre chaque essai), déterminer la quantité d'acide retenu, et construire une courbe dont l'abscisse est la concentration de l'acide et l'ordonnée la quantité d'acide retenue par l'échangeur, pour caractériser l'échangeur étudié.

Appelons m la quantité de HCl fixée par une masse (ou un volume) aliquote d'échangeur après passage saturant d'une solution N/1 HCl, et commençons d'établir cette courbe avec ce point; appelons ensuite m' la quantité de HCl fixée sur la même quantité d'échangeur à partir d'un HCl plus faible, nous pouvons écrire, en choisissant comme mesure de concentration de l'acide, son pH, la formule générale de la courbe de la façon suivante : $m'/m = f(\text{pH})$.

Cette courbe, descendant de la valeur de l'ordonnée m pour une valeur de l'abscisse O (pH à N/1 étant O) et passant par les points m', m'', m''', etc., pour des valeurs variables de pH correspondantes, sera une exponentielle. Pour cette forme, m'/m doit être < 1, et en même temps, $f(\text{pH}) > 1$; on pourra donc écrire, la fonction étant exponentielle : $1 - m'/m = K^{\text{pH}} - 1$, où K sera la constante de la courbe, et de ce fait, *la constante caractéristique de l'échangeur*. Sa valeur se détermine ainsi : $2 - m'/m = K^{\text{pH}}$, d'où $1 + 1 - m'/m = K^{\text{pH}}$ et $1 + m/m - m'/m = K^{\text{pH}}$, et finalement $1 + (m - m')/m = K^{\text{pH}}$, équation définitive qui peut être vérifiée expérimentalement.

A cet effet, pour chaque échangeur à éprouver, on détermine les quantités de HCl fixées, correspondant aux concentrations d'acide à pH 0, pH 1, pH 2, pH 3, sur une quantité donnée d'échangeur, et calcule avec les résultats obtenus les valeurs de K qui devront se montrer constantes. Le tableau ci-contre, obtenu avec deux échangeurs d'anions de types différents, montre que c'est le cas. Il en résulte : que plus K est proche de 1, plus m sera proche de m', m'', etc.; donc, moins la capacité d'échange variera avec la variation de la concentration de l'acide employé, et meilleur sera l'échangeur.

Échangeur : 200 cm³ en granulométrie 20-40. Contact 6′.	Acide employé.	Anion fixé en °L (*).	Anion fixé en g Cl.	K_n.	Trouvé $\frac{m-m_n}{m}$	Calculé $K=\sqrt[n]{K_n}$.
Résine de mélamine formolée (7). Densité apparente 0,60.	N/1 HCl; pH = 0; $m_n = m$	1988	16,51	0	0	0
	N/10 HCl; pH = 1; $m_n = m'$	1562	11,4	K_1	0,214	1,214
	N/100 HCl; pH = 2; $m_n = m''$	1040	7,6	K_2	0,476	1,213
	N/1000 HCl; pH = 3; $m_n = m'''$	510	3,72	K_3	0,740	1,216
Aminostyrolène polymère (8). Densité apparente 0,55.	N/1 HCl; pH = 0; $m_n = m$	870	6,35	0	0	0
	N/10 HCl; pH = 1; $m_n = m'$	720	5,26	K_1	0,172	1,172
	N/100 HCl; pH = 2; $m_n = m''$	515	3,76	K_2	0,405	1,177
	N/1000 HCl; pH = 3; $m_n = m'''$	345	2,51	K_3	0,603	1,173

(*) 1 °L = 73 mg HCl.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'hydrolyse des esters phosphoriques d'aldéhydes-alcools et de cétones-alcools.* Note de MM. **Paul Fleury, Jean Courtois** et **André Desjobert**, présentée par M. Maurice Javillier.

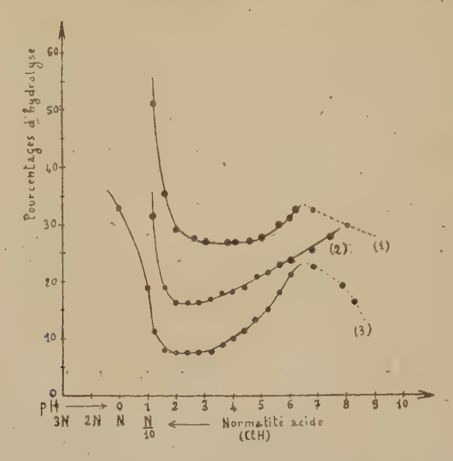
En 1939, P. Fleury et J. Courtois (1) ont montré que le diosephosphate (ester phosphorique de l'aldéhyde glycolique) $PO_3H_2—O—CH_2—CHO$ qui se forme en oxydant l'α-glycérophosphate par l'acide periodique, était rapidement hydrolysé en milieu acide. D'autre part, P. Fleury (2) et A. Desjobert (3) ont observé que la vitesse d'hydrolyse d'esters phosphoriques beaucoup plus stables en milieu acide (acides inositolhexaphosphorique, monoéthyl- ou éthyléne-glycol-orthophosphoriques) était très nettement influencée par la réaction du milieu.

Ayant pu obtenir sous une forme pratiquement pure le sel neutre de baryum de l'acide diosephosphorique, nous avons cru intéressant d'étudier, comme il a été fait pour les esters précédemment cités, l'hydrolyse de cet ester en fonction de la réaction du milieu, après avoir reconnu que la réaction était monomoléculaire. Les résultats de cette étude sont résumés sur le graphique ci-après.

(7) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 546.
(8) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 67.

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 219.
(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 416.
(3) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 575.

Nous avons étudié parallèlement deux autres esters phosphoriques possédant également une fonction carbonylée libre : l'acide glucose-2-phosphorique (ester de Hatano) et l'acide fructofurannose-6-phosphorique (ester de Neuberg).



Hydrolyse en fonction du pH de l'acide diosephosphorique (1) pendant deux heures, et des acides glucose-2-phosphorique (2) et fructofurannose-6-phosphorique (3) pendant une heure.

Ces trois esters se comportent de la même façon : la vitesse d'hydrolyse diminue plus ou moins rapidement de pH 7,0 à pH 2,0 — 3,0, où elle passe par un *minimum*, puis, l'acidité continuant à augmenter, cette vitesse croît pour devenir très rapide dans un milieu de forte acidité.

Il est remarquable de constater que le comportement de ces trois esters est totalement différent et même presque inverse de celui des esters ne possédant pas de fonction carbonylée libre (P. Fleury, *loc. cit.*; A. Desjobert, *loc. cit.*). Ces auteurs, en effet, ont observé que la vitesse de réaction croît de pH 7,0 à pH 4,0 avec l'acidité du milieu, atteint un premier *maximum*, puis décroît au fur et à mesure qu'augmente l'acidité jusque vers pH 2,0, mais croît à nouveau très rapidement pour de fortes concentrations en acide.

Il a été possible par ailleurs de marquer une autre différence entre ces deux catégories d'esters. En milieu d'acidité N à 10N les acides éthyl et glycol-phosphoriques sont hydrolysés à des vitesses nettement différentes par les acides suivants que nous classons par ordre décroissant d'activité : iodhydrique, bromhydrique, chlorhydrique, sulfurique [1]. Au contraire, à normalités égales, les trois hydracides hydrolysent les trois esters à fonction carbonylée libre à des vitesses sensiblement équivalentes, l'action des hydracides n'étant que faiblement supérieure à celle de l'acide sulfurique dans les mêmes conditions. Si les esters du diose, du glucose et du fructose se différencient ainsi nettement des esters phosphoriques ne possédant pas de fonction

(1) A. Desjobert, *loc. cit.*

carbonylée libre, ils ne paraissent pas non plus pouvoir être rapprochés d'autres dérivés phosphorés qui comme eux cependant sont acido-labiles. C'est ainsi que la vitesse d'hydrolyse de l'acide pyrophosphorique, à 100° comme à 37°, croît d'une façon assez régulière avec l'acidité du milieu, ceci sans présenter ni le maximum signalé avec des esters phosphoriques sans fonction carbonylée libre, ni le minimum présenté par les esters d'oses.

D'autre part, les trois hydracides dédoublent l'acide pyrophosphorique à des vitesses identiques pour des normalités égales; les vitesses observées sont de peu supérieures à celles obtenues avec l'acide sulfurique dans les mêmes conditions.

Jusqu'ici, il ne nous a pas été possible d'interpréter d'une façon satisfaisante la considérable différence de comportement observée dans leur hydrolyse entre les esters d'aldéhydes-alcools ou de cétones-alcools étudiés et les esters phosphoriques d'alcools ne possédant pas de fonction carbonylée libre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur l'adsorption aux interfaces. Cas de l'huile de vaseline activée par l'acide oléique.* Note [1] de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Jean Brigonnet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans une précédente Note [2] nous avons indiqué la méthode et le dispositif expérimental utilisés pour l'étude de l'adsorption des molécules polaires à l'interface huile-eau en fonction de la température, et nous avons donné les résultats obtenus avec l'huile de vaseline activée par l'acide stéarique.

Dans le présent travail nous avons étudié une solution à 1/6000 d'acide oléique dans l'huile de vaseline pure. Le réseau des courbes obtenues avec le tensiomètre interfacial enregistreur Lecomte du Nouy-J.-J. Trillat, pour des températures comprises entre 20° C. et 65° C., est reproduit sur la figure 1. L'interprétation théorique de l'allure générale de ces courbes d'adsorption, ainsi que l'influence de la température sur leur déformation ont été indiquées dans la Note précitée [1]. En comparant les résultats relatifs à l'acide oléique et à l'acide stéarique à la même concentration, on constate que l'abaissement final relatif à la tension interfaciale Δ (voir *fig.* 1) pour chaque température est plus fort dans le premier cas que dans le second, ce qui confirme le fait bien connu que la présence d'une double liaison dans la chaîne d'un acide gras favorise l'adsorption de ce corps sur l'eau.

Étude des paliers des courbes. — La figure 2 montre l'influence de la température sur les temps nécessaires à l'obtention des paliers d'équilibre; on constate que ces temps décroissent d'une manière linéaire en fonction de la

---

(1) Séance du 23 février 1948.
(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1005.

température, comme pour l'acide stéarique. En ce qui concerne l'abaissement final relatif Δ de la tension interfaciale, la loi de variation avec la température

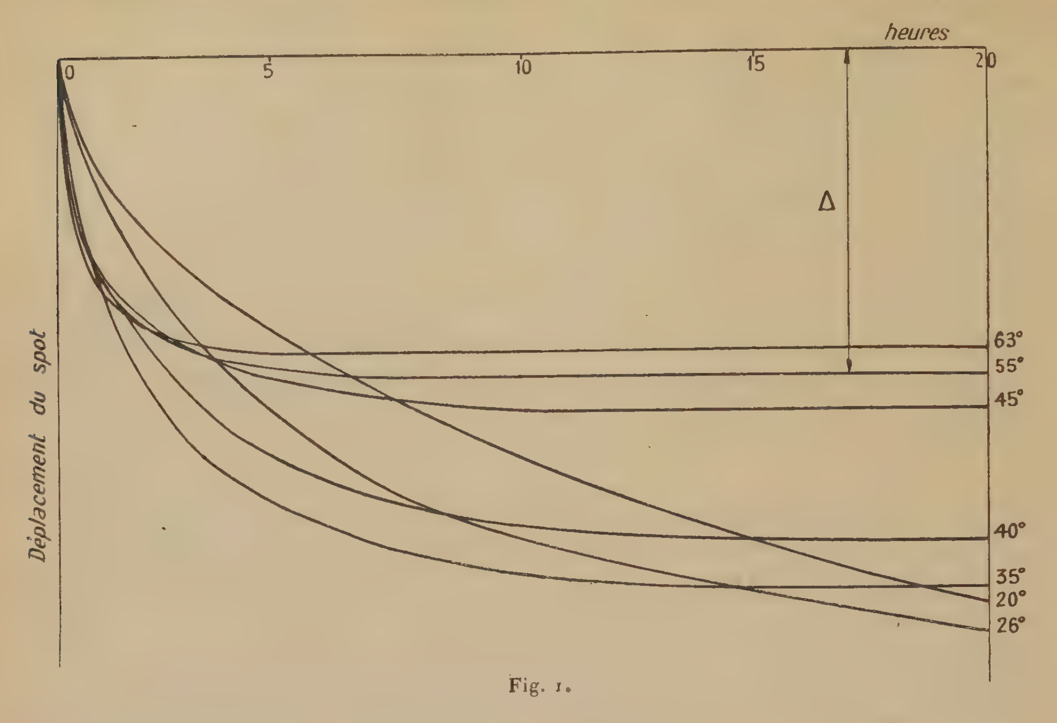


Fig. 1.

est moins simple que dans le cas de l'acide stéarique. De nombreux enregistrements effectués entre 40 et 45° (qui ne sont pas reproduits sur le réseau)

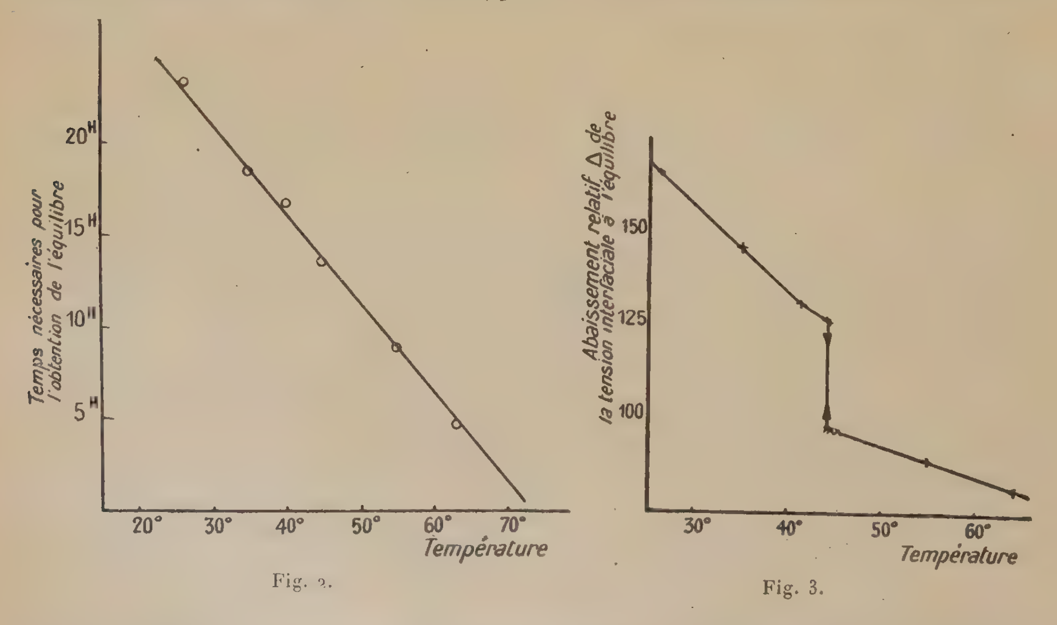


Fig. 2.

Fig. 3.

nous ont permis de tracer la courbe de la figure 3, qui indique une véritable

discontinuité de Δ à 44° C.; à cette température on obtient, suivant les essais, deux groupes de paliers, les uns élevés et les autres beaucoup plus bas. Ce résultat nous autorise à conclure à une brusque variation, pour la température de 44° C., du comportement des molécules d'acide oléique vis-à-vis de l'eau. On a sans doute affaire à un point de transition entre deux états du film interfacial : passage d'un état condensé aux basses températures (inférieures à 44°) à un état moins condensé à haute température (au-dessus de 44°). Nous avons vérifié ce phénomène, en opérant avec une solution beaucoup plus diluée d'acide oléique (concentration 1/30000), ainsi qu'en effectuant des mesures absolues des tensions interfaciales statiques et dynamiques. Ceci peut avoir une importance dans les phénomènes de lubrification où l'acide gras, additionné à l'huile, joue le rôle d'agent d'onctuosité.

En conclusion, la comparaison des résultats obtenus avec deux acides gras, dont les molécules ne diffèrent que par la présence d'une double liaison, nous indique que celle-ci favorise dans une mesure appréciable l'adsorption et peut provoquer des changements d'état du film interfacial, probablement en raison de la flexibilité de la molécule à sa hauteur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La passivité des aciers inoxydables et les phénomènes d'adsorption.* Note [1] de M. **Louis Guitton**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré récemment [2] qu'il était possible de renforcer considérablement la passivité des aciers inoxydables du type à 18 % de chrome et 10 % de nickel ou de manganèse, en faisant précéder le traitement oxydant de *passivation* proprement dit d'un traitement de *sensibilisation* par corrosion acide uniforme. La passivation se fait de préférence dans une solution d'acide nitrique à 10 %, la sensibilisation dans une solution fluonitrique, les deux traitements exigeant des conditions d'exécution bien déterminées. La sensibilisation agit quel que soit l'état de surface initiale du métal : sablé, recuit (sous vide) ou travaillé à froid. Elle permet ou accélère, jusqu'à la rendre instantanée, la passivation spontanée dans les milieux acides peu corrosifs et lui communique une passivité parfaitement stable dans un acide fort comme l'acide sulfurique.

Les courbes potentiel-temps (*fig.* 1) prises sur des éprouvettes d'acier à 18 % de chrome et 10 % de manganèse, passivées puis immergées dans une solution d'acide oxalique à 5 %, montrent de façon frappante l'influence de la sensibilisation sur la passivité. Lorsque le métal n'est pas sensibilisé avant d'être passivé, les courbes (1 à 3) présentent après une première branche descendante une chute brusque suivie d'une branche lentement ascendante; de plus les potentiels électropositifs à l'immersion, croissent avec la durée du traite-

---

(1) Séance du 16 février 1948.

(2) *Métaux et Corrosion*, avril-mai 1947.

ment passivant. Les phénomènes sont tout différents lorsque le métal a subi une sensibilisation avant la passivation : les courbes (courbe 4) sont parfaitement régulières et la partie initiale, à peu près indépendante de la durée du dernier traitement, se raccorde normalement avec la branche ascendante des courbes précédentes.

La courbe $C_1 C_2$ (*fig.* 2) est la résultante d'une courbe $C_1 C_1$, de dépassivation

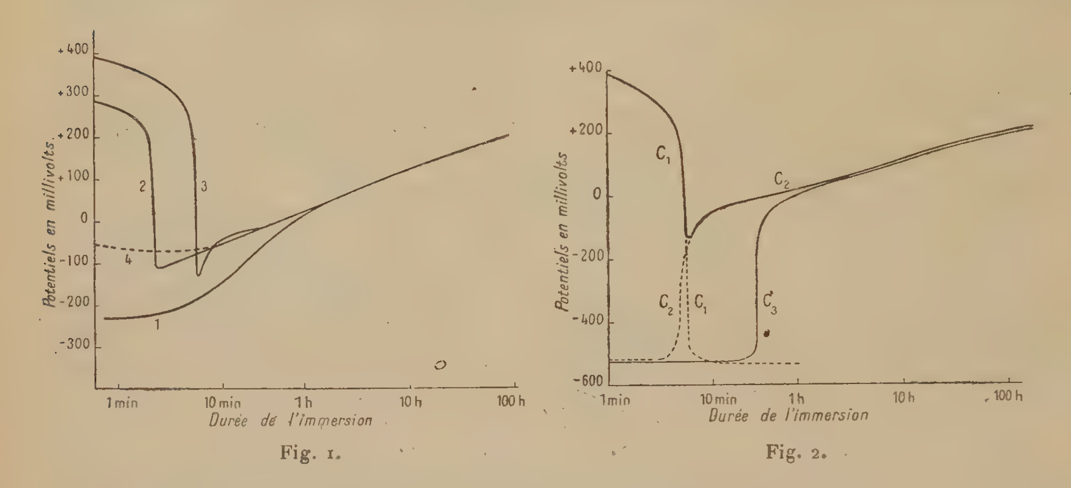


Fig. 1. Fig. 2.

et d'une courbe $C_2 C_2$ de repassivation spontanée; la courbe C_3 analogue à la courbe $C_2 C_2$ peut être réellement obtenue à partir de l'état sablé actif par l'agitation de la solution. La forme de la courbe $C_1 C_2$ suggère le passage progressif d'une passivité préalable instable C_1 à une passivité C_2 spontanée et stable selon la courbe 4. Elle est par ailleurs tout à fait semblable à certaines isobares d'adsorption où l'élévation de la température transforme de façon irréversible l'adsorption physique initiale en adsorption chimique et l'on est tenté de considérer la courbe potentiel-temps comme une isotherme irréversible d'adsorption d'oxygène sur l'acier au chrome.

Par ailleurs la passivité *chimique* ne résiste pas à des traitements sous vide exécutés au-dessus d'une température critique relativement peu élevée, soit 625° C. pour l'acier Cr/Ni et 435° pour l'acier Cr/Mn. Quant à la passivité *physique*, elle serait ([3]) détruite sous vide dès la température ordinaire.

Il résulte de ces faits que la passivité des aciers inoxydables serait dans tous les cas due à des phénomènes d'adsorption; celle-ci serait de nature physique en l'absence de sensibilisation et de nature chimique dans l'autre cas, l'adsorption chimique apparaissant comme une propriété bien définie, voisine d'une combinaison chimique.

Il reste à définir le mécanisme de l'*activation* apportée par la sensibilisation.

([3]) FONTANA, *Métal Progress*, juin 1947.

Cette activation n'est pas un phénomène de surface, car un sablage au sable fin ne la détruit pas. Par ailleurs elle est détruite dans les mêmes conditions et à *la même température* que la passivité. Nous pensons en trouver l'origine dans l'*écrouissage atomique* (4) qui résulte à l'intérieur du métal de la pénétration de l'hydrogène provenant de l'acide sensibilisateur : cet écrouissage subsisterait après le départ de l'hydrogène et les atomes de chrome, déplacés de leurs positions d'équilibre stable, verraient leur affinité pour l'oxygène considérablement accrue.

Au cours du traitement de passivation, cet hydrogène est éliminé, au moins partiellement, par l'acide nitrique, puis l'oxygène est amené à l'état d'ions aux atomes de chrome par les courants dus aux couples locaux; les ions se déchargent et s'adsorbent sur les atomes de chrome.

La passivité chimique correspondrait parfaitement à l'*adsorption chimique* sur les catalyseurs : celle-ci atteint son équilibre à grande vitesse et est considérée comme insensible à la finesse de la division superficielle; elle est de plus stœchiométrique et bien définie. Par contre, la passivité physique participerait à la fois de l'*adsorption physique* et de l'*adsorption activée*, la premiere ne concernant que les molécules et atteignant son équilibre rapidement, la deuxième différant de l'adsorption chimique par une vitesse et une énergie d'activation mesurables : dans ces types d'adsorption, non stœchiométriques, les quantités adsorbées pourraient être plus élevées que dans le cas de l'adsorption chimique et l'on pourrait ainsi expliquer les potentiels élevés obtenus.

ÉLECTROCHIMIE. — *Équilibres entre ions, molécules simples et molécules condensées. I. Sur un point de concours remarquable : le point isohydrique.* Note (1) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

En étudiant, surtout à force ionique constante, la variation des courbes de neutralisation de certains acides, plus ou moins faibles, en fonction de la dilution, j'avais déjà précédemment observé que toutes les courbes se coupaient en un même point I (2). Dans une Note récemment publiée sur les acides germaniques (3), le point I ayant à nouveau été retrouvé, sa signification éventuelle a fait l'objet d'un examen plus serré. Or, un raisonnement simple conduit immédiatement à admettre que l'*apparition d'un tel point est conditionnée par l'existence, en solution, d'un équilibre entre deux espèces de*

(4) Portevin, Chaudron et Moreau, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1252.

(1) Séance du 23 février 1948.

(2) *Voir* Carpéni et Souchay, *J. chim. phys.*, **42**, 1945, surtout p. 159; Carpéni, *Bull.*, **14**, 1947, en particulier p. 488.

(3) Carpéni et Tchakirian, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 725.

molécules, et deux seulement. Il me semble intéressant d'établir, tout de suite, une comparaison entre le point de concours I qui vient d'être signalé et un point de concours analogue que l'on observe dans le domaine très différent de la spectrochimie. Tandis que le point de concours I *électrochimique* apparaît dans le diagramme représentant le faisceau des courbes de neutralisation d'acides faibles de concentrations variables $pH = f([AH], [BOH])$ ([4]), le point de concours I *spectrochimique* se trouve dans le diagramme des réseaux de courbes d'absorption à pH variable $(-\log J/J_0) = f(pH, \lambda)$ ([5]). Dans le premier cas, pour un rapport $([BOH]/[AH])_I$ déterminé, les solutions de l'acide AH ont, à toutes concentrations ([6]), une seule et même valeur du pH : pH_I. Dans le deuxième cas, pour une longueur d'onde λ_I déterminée, les solutions d'un colorant donné ont, toutes, quels qu'en soient les pH, une seule et même valeur $(-\log J/J_0)_I$ pour leurs *extinctions*. Thiel, Dassler, Wulffken ([7])

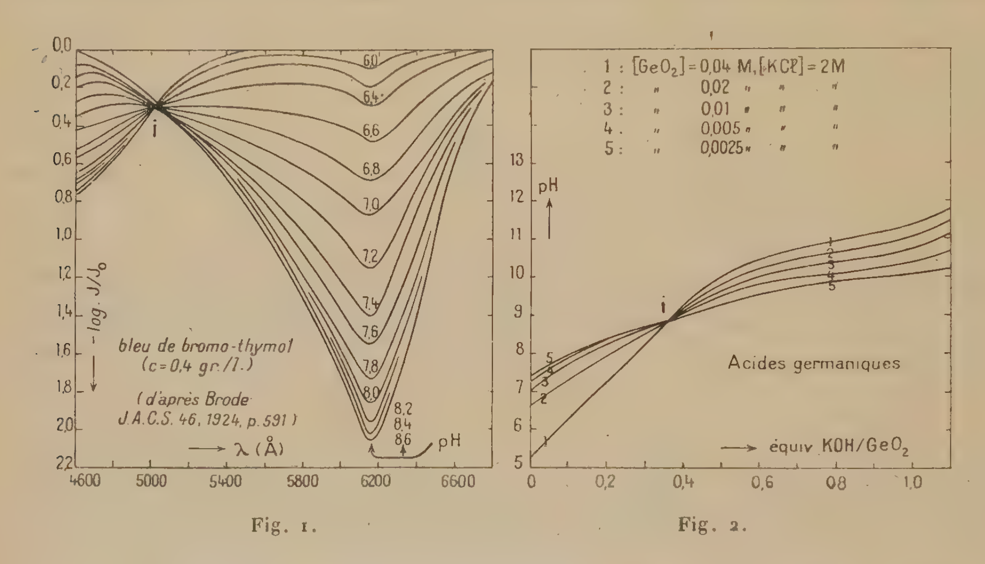


Fig. 1. Fig. 2.

ont appelé ce point I spectrochimique : *point isobestique* (= d'égale extinction). Par analogie, j'ai appelé le point I électrochimique *point isohydrique* (= d'égale activité H^+) ([8]). Les figures 1 et 2 montrent, à titre d'exemple, les réseaux de

---

([4]) [AH] = concentration de l'acide titré ; [BOH] = concentration de la base titrante. Il est rappelé qu'on opère à force ionique constante et que celle-ci est *grande* par rapport à [AH].

([5]) J_0, J : intensités lumineuses *avant* et *après* absorption de la radiation de longueur d'onde λ.

([6]) Entre certaines limites, naturellement.

([7]) *Ueber Azo-Indikatoren*, Berlin, 1924.

([8]) Il est à peine utile d'indiquer que cette donnée n'a rien à voir avec les *solutions isohydriques* utilisées dans les mesures colorimétriques du pH de solutions non tamponnées (*cf.* par ex. KOLTHOFF, KAMEDA, *J. A. C. S.*, 53, 1931, p. 825.

courbes spectrographiques et électrochimiques faisant apparaître les points I respectifs.

Dans les deux cas, la présence de I révèle ainsi l'existence d'un équilibre entre *deux* composés chimiques différents, *et deux seulement, mais intimement liés*. Comme dans le domaine spectrochimique, où les conséquences résultant du point isobestique ont été, depuis la découverte de celui-ci en 1924, maintes fois utilisées ([9]), il apparaît, de suite, qu'en électrochimie, la présence d'un tel point isohydrique aura des conséquences *peut-être encore plus importantes*. En effet, comme la présence d'un point isohydrique indique l'existence, dans la solution en expérience, d'un équilibre se limitant à deux constituants seulement, la complexité apparente généralement admise, par exemple pour les solutions molybdiques, boriques et germaniques, devient très improbable. Il en résulte une remarquable simplification des équilibres que l'on y envisage habituellement. Si je n'ai indiqué ici que les composés pour lesquels j'ai pu personnellement ([2]) ([3]) observer un point isohydrique, c'est que, pour l'instant, on ne peut citer un autre exemple. Les problèmes liés aux équilibres entre ions, molécules simples et molécules condensées, n'ont été, en effet, encore jamais abordés, à ma connaissance, du point de vue présentement envisagé. *En ce sens, tout reste à faire*.

Le cadre restreint d'une Note ne me permettant pas un développement plus complet des diverses conséquences qui découlent du point isohydrique, je n'ai fait qu'en signaler l'existence et effleurer seulement le point de vue général. J'ajoute que c'est grâce au point isohydrique qu'il m'a été possible de déterminer avec précision les équilibres ayant pour siège les solutions germaniques, dont les résultats expérimentaux ont fait l'objet d'une Note récente ([3]). J'examinerai ailleurs, prochainement, d'autres conséquences, avec application particulière au calcul des constantes de dissociation des acides germaniques.

PHOTOCHIMIE. — *Halochromie et halofluorie*. Note de MM. **Charles Dhéré** et **Ladislas Laszt**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons communiqué à l'Académie, il y a un an, les premiers résultats de recherches spectrochimiques faites sur les produits de la réaction de nombreux stéroïdes (hormones) avec le sulfate de méthyle ([1]). Une étude plus approfondie nous a permis de constater que, dans tous les cas, on a essentiellement affaire à des réactions d'halochromie, comme l'avait d'ailleurs tout de suite supposé, après démonstration, le professeur L. Velluz. Par conséquent,

---

([9]) Récemment, par exemple, par Ecker (*Koll. Z.*, **92**, 1940, p. 54).

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 681

un certain degré d'acidité du sulfate de méthyle utilisé est toujours indispensable, nous avons eu depuis l'occasion de le dire ([2]), pour la réalisation de ces réactions, que nous avons étendues à d'autres stéroïdes et à plusieurs stérols. L'interprétation des réactions d'halochromie présente de grandes difficultés, comme l'a notamment bien exposé Mme P. Ramart-Lucas ([3]), difficultés que les récents travaux de M. Javillier et de P. Meunier ([4]) ont contribué à écarter.

Le point sur lequel nous désirons attirer l'attention est le suivant : Dans les réactions d'halochromie, il y a toujours naturellement formation d'une matière colorante, mais ce produit coloré peut ou non posséder la propriété de fluorescence et l'intensité de cette dernière propriété peut varier considérablement. Il existe même des cas (réactions avec la corticostérone, avec l'œstrone ou avec l'ergostérol, par exemple) où une fluorescence intense apparaît déjà (et est facile à déterminer spectroscopiquement) dans des liqueurs pratiquement incolores (contenues dans des tubes de quelques millimètres de diamètre) ([5]). Dès lors, on peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de désigner par un terme spécial l'apparition, — pouvant même être prédominante — de la fluorescence. Nous proposons le nom d'halofluorie pour l'halofluorescence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Décomposition par la chaleur de précipités obtenus par action de la soude sur une solution de nitrate de plomb*. Note ([1]) de M. **Albert Nicol**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'étude de la formation des précipités obtenus par action de la soude sur un sel de plomb a fait l'objet de nombreux travaux. Dans la plupart, ou la soude était versée dans la solution saline au moyen d'une burette ([2]), ou on agitait ensemble des volumes connus de réactifs ([3]).

Nous avons obtenu des précipités par l'emploi du mélangeur de M. P. Jolibois ([4]). Au cours de nos expériences la solution de nitrate de plomb avait la concentration constante N/10. La solution de soude employée avait successive-

---

([2]) Communication faite à la Réunion annuelle de la Société Helvétique des Sciences naturelles (août 1947). Résumé publié dans *Chimia*, **1**, 1947, p. 203.

([3]) *Bull. Soc. Chimique* (5e série), **12**, 1945, p. 481.

([4]) *Bull. Soc. Chimie biolog.*, **29**, 1947, p. 16; Meunier et A. Vinet, *Chromatographie et Mésomérie*, Paris, 1947.

([5]) Ch. Dhéré et L. Laszt, *C. R. de la Société de Biologie*, séance du 10 janvier 1948 (sous presse).

([1]) Séance du 23 février 1948.

([2]) A. Berton, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 19.

([3]) J. Bye, *Bulletin de la Société Chimique de France*, mars-avril 1947.

([4]) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 1095.

ment les normalités : N/30, N/10, 3 N/10. L'eau distillée avait été longuement bouillie pour éviter la présence de CO_2.

Sur les précipités recueillis dans ces opérations, nous avons appliqué la méthode thermogravimétrique préconisée par Guichard et enregistré photographiquement la perte de poids en fonction de la température.

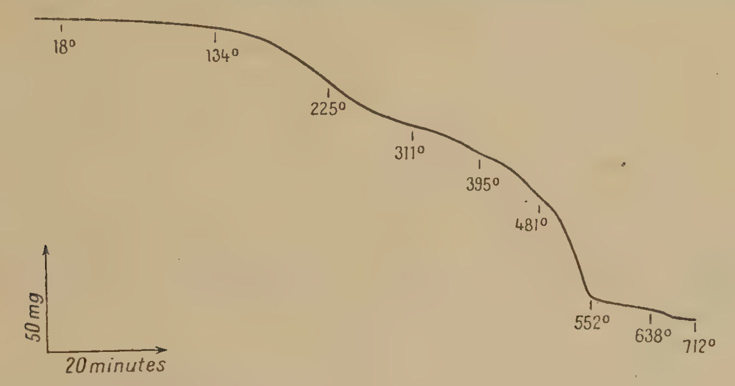


Fig. 1. — Analyse thermogravimétrique du précipité obtenu par la soude N/30.

L'action de la soude à N/30 donne naissance à un précipité blanc, très léger, qu'une filtration a permis d'isoler. Les différentes pertes de poids par élévation de température peuvent être identifiées ainsi (*fig.* 1).

Perte d'eau d'imbibition de 18 à 134°; perte d'eau d'hydratation en deux temps : 134 à 250° et 250 à 395°; décomposition du nitrate avec formation transitoire de minium de 395 à 552°; décomposition du minium avec passage à l'oxyde PbO de 552 à 660°; l'étude quantitative de ces pertes permet de donner au sel basique formé la formule $(NO_3)^2Pb$, $3\,Pb(OH)^2\,2\,H_2O$, en



Fig. 2. — Analyse thermogravimétrique du précipité obtenu par la soude N/10.

indiquant que l'hydroxyde perd sa molécule d'eau de 134 à 250° avant l'eau d'hydratation qui ne serait éliminée que de 250 à 395°; l'analyse spectrale aux rayons X montre que ce précipité est amorphe.

L'action de la soude N/10 provoque un abondant précipité blanc. Par action de la chaleur on peut constater (*fig.* 2) ; une perte d'eau d'imbibition

jusqu'à 135°, une perte d'eau de constitution de 135° à 225°, la décomposition du nitrate de 395° à 559°, suivie de celle du minium jusqu'à 638°.

La formule du précipité déduite de cette décomposition est $(NO_3)^2 Pb$, $5 PbO$, $2 H_2O$. Le spectre X montre que ce corps est cristallisé.

Par action de la soude 3N/10 nous obtenons un précipité blanc important. La courbe thermogravimétrique obtenue (*fig.* 3) nous montre que le passage

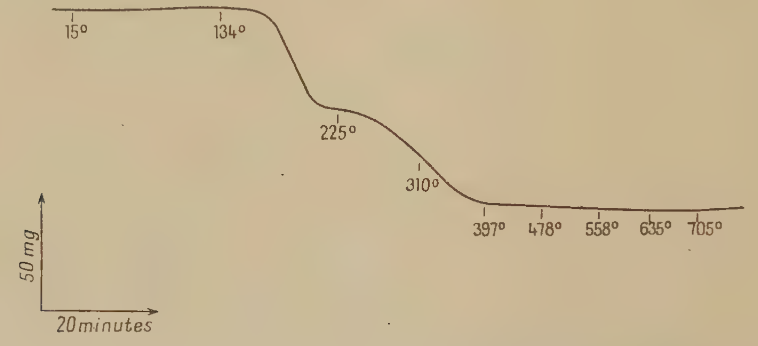


Fig. 3. — Analyse thermogravimétrique du précipité obtenu par la soude 3N/10.

au dessiccateur a suffi à éliminer l'eau d'imbibition. Nous ne relevons qu'un départ d'eau indiquant que nous sommes en présence d'un hydroxyde. Mais cette eau s'élimine en deux temps par parties égales de 134° à 200° et de 200° à 370°. La formule qui résulte de cette analyse est PbO, $1/2 H_2O$. Le spectre X nous indique que le corps est cristallisé.

On remarquera que ce dernier précipité, dont l'existence a été signalée par Schaffner (1844) et Lüdeking (1891), et qui se forme en présence d'excès de soude, a peut-être, de ce fait, une importance plus grande que celle qu'on lui attribue. Sa formule pourrait également s'écrire $Pb\langle{}^{O}_{O}\rangle Pb$, H_2O, ce qui nous mettrait en présence d'un plombite de plomb, duquel par excès de soude le plomb pourrait être déplacé.

En résumé, par l'emploi du mélangeur cité plus haut nous avons pu déterminer des milieux réactionnels rigoureusement constants et définis, nous avons identifié les précipités qui se forment dans ces cas et indiqué leurs modes de décomposition par la chaleur, nous permettant entre autres de préciser leur hydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de la pyrodypnopinacoline et de ses dérivés*. Note [1] de M. **Tchavdar Ivanoff.**

M. Delacre a établi que la *lutéodypnopinacoline* α distillée sous pression réduite se décompose en triphénylbenzène-1.3.5 et en acétophénone [2]. Le

---

(1) Séance du 16 février 1948.

(2) *Ann. de Chimie*, 9e série, 12, 1919, p. 398.

produit principal de la décomposition de l'*isodypnopinacoline* (*albodypnopinacoline*) dans les mêmes conditions est la pyrodypnopinacoline $C_{32}H_{22}O$ [3]. A partir de ce corps il obtient l'alcool pyrodypnopinacolique, le pyrodypnopinalcolène et l'alcool déshydro-pyrodypnopinacolique. Tous ces corps, comme d'ailleurs tous les composés du groupe du dypnopinacone, possèdent d'après Delacre un noyau cyclique à huit atomes de carbone [4].

Avec D. Ivanoff nous avons montré que la lutéodypnopinacoline α représente la triphényl-2.4.6-méthyl-2-dihydrobenzophénone-2.3 (I) et l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$-le triphényl-1.3.5-méthyl-1-dihydrobenzène-1.2 [5]. Soumise à la déshydrogénation avec du soufre, l'isodypnopinacoline donne, de même que la lutéodypnopinacoline, la triphénylbenzophénone-2.4.6 et au dédoublement alcalin l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$. Il en suit que l'albodypnopinacoline a la même structure que la lutéodypnopinacoline, la différence étant vraisemblablement dans la position de doubles liaisons du noyau hydroaromatique.

D'après la nature et la quantité des produits de la décomposition de l'isodypnopinacoline il faut admettre que ce processus s'effectue en deux sens. D'une part elle donne comme la lutéodypnopinacoline des quantités équimoléculaires de triphénylbenzène-1.3.5 et de l'acétophénone et d'autre part, de la pyrodypnopinacoline et un mélange d'hydrocarbures liquides qui, d'après Delacre, contient de l'éthylbenzène et de l'allylbenzène. Le même auteur obtient un pareil mélange d'hydrocarbures liquides en décomposant l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, le produit principal de cette décomposition étant le triphénylbenzène-1.3.5 [6]. La molécule de l'isodypnopinacoline contenant le noyau de l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, il est probable que ce noyau se décompose dans ces deux cas d'une même façon, en formant des produits analogues. Puisque l'isodypnopinacoline représente un dérivé benzoylé de l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, il s'ensuit que la pyrodypnopinacoline sera la triphénylbenzophénone-2.4.6. En effet, la pyrodypnopinacoline (F d'après Delacre 166°, et d'après moi 167-168°) ne donne aucune dépression au point de fusion de la triphénylbenzophénone, F 167-168°, obtenue à partir du triphénylbenzène-1.3.5 et de chlorure de benzoyle. Les combinaisons moléculaires de la pyrodypnopinacoline avec de

---

(3) M. Delacre, *Bull. Acad. roy. de Belg.* (Cl. des Sciences), 4, 1902, p. 252.

(4) *Ann. de Chimie*, 9e série, 5, 1916, p. 169; 10, 1918, p. 125.

(5) D. Iwanov u. Tsch. Iwanow, *Ber. d. chem. Ges.*, 77, 1944, p. 173.

(6) *Bull. Acad. roy. de Belg.* (Cl. des Sciences), 8, 1903, p. 753.

l'acide acétique, de l'acétone, de l'acétate d'éthyle et du benzène, décrites par Delacre, sont alors celles de la triphénylbenzophénone-2.4.6.

L'alcool pyrodypnopinacolique, obtenu par réduction de la pyrodypnopinacoline avec de l'amalgame de sodium, sera donc le triphénylbenzhydrol-2.4.6. En effet cet alcool s'est montré identique avec le triphénylbenzhydrol-2.4.6 préparé par Kohler et Blanchard ([7]).

L'alcool pyrodypnopinacolique se déshydrate par le chlorure d'acétyle en *pyrodypnopinalcolène*, $C_{32}H_{22}$, qui d'après Delacre existe en deux modifications : F 136° et 156°. Kohler et Blanchard en déshydratant le triphénylbenzhydrol-2.4.6 au moyen d'acides hydrohalogénés ont obtenu l'hydrocarbure $C_{31}H_{22}$, F 149°, lui attribuant la structure du triphénylfluorène-1.3.9 (II), sans la démontrer ([7]). Tous mes essais d'obtenir le produit de Delacre en suivant strictement ses prescriptions sont restés vains, j'ai toujours obtenu un produit fusible à 149°, identique avec celui de Kohler et Blanchard.

On peut admettre pour $C_{31}H_{22}$ aussi la structure d'endobenzylidène-1.3-triphénylbenzène-2.4.6 (III). Pour démontrer la structure de $C_{31}H_{22}$, j'ai utilisé le rapport entre l'arrangement stérique des atomes dans la molécule d'un composé organique et sa chaleur moléculaire de fusion ([8]). L'endobenzylidènetriphénylbenzène ayant une molécule demi-sphérique doit avoir cette constante beaucoup plus basse que celle du triphénylfluorène avec une molécule presque coplanaire. La chaleur moléculaire de fusion du pyrodypnopinalcolène a été calculée par la dépression de son point de fusion en y dissolvant des hydrocarbures de poids moléculaire connu. (La cristallisation du pyrodypnopinalcolène étant très lente, il faut tenir les tubes 2-3 heures à 110-120°.) Si l'on porte la valeur obtenue $5^{cal},78$ sur un système d'axes en rapport avec le point de fusion, elle vient presque sur une droite avec la même constante d'autres composés à structure coplanaire, comme le naphtalène, l'anthracène et l'acénaphtène. La formule III doit donc être rejetée.

L'*alcool déshydro-pyrodypnopinacolique* que Delacre obtient en oxydant le pyrodypnopinalcolène, sera le triphényl-1.3.9-hydroxyfluorène-9, car il a le même point de fusion ([9]) que le produit obtenu par Kohler et Blanchard à partir de diphénylfluorénone-1.3 et de C_6H_5MgBr ([7]). D'autre part, le phénylfluorène-9 donne de même par oxydation le phényl-9-hydroxyfluorène-9 ([10]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouveaux amino-2 thiazols halogénés et méthylés.* Note de Mlle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai préparé un certain nombre de dérivés bromés ou iodés en (5), des amino-2 thiazols (I) (ou imino-2 thiazolones) (II) portant un groupe méthyle

---

([7]) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 368.

([8]) J. Pirsch, *Ber. d. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 12.

([9]) Les points de fusion donnés par Delacre sont de 2 à 3° plus bas que ceux des produits correspondants de Kohler et Blanchard.

([10]) Kliegl, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 288.

soit sur l'azote fixé en (2), soit sur l'azote (3).

$$\begin{array}{ccc} & (4) \qquad (5) & \\ R-C & = & C-X \\ | & & | \\ (3)\,N & & S\,(1) \\ & (2)\,C-NH_2 & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} R-C & = & C-X \\ | & & | \\ H-N & & S \\ & C=NH & \end{array}$$

(I) (II)

Pour cela, on peut, dans les deux cas, faire agir le brome ou le chlorure d'iode sur le thiazol correspondant non halogéné. Les modes opératoires que j'ai décrits antérieurement ([1]) peuvent être appliqués sans grandes modifications.

J'ai ainsi obtenu les chlorhydrates des : méthylamino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazol, ([2]); méthylamino-2 méthyl-4 iodo-5 thiazol, petits prismes, F 180° (base, prismes, F 140°), et de l'imino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazolone, aiguilles F 230° environ.

J'ai utilisé également un autre mode de préparation consistant à méthyler, par le sulfate de méthyle, un amino-2 thiazol déjà halogéné en (5). Dans ces conditions, le groupe méthyle se fixe en (3).

A la quantité calculée de sulfate de méthyle, on ajoute la base halogénée, par petites fractions, chaque fois la température s'élève fortement. Finalement on a un fluide homogène constitué par le méthylsulfate de la base, presque pur. En général, il cristallise par refroidissement. Après essorage, s'il y a lieu, on dissout dans l'eau, on additionne d'ammoniaque, pour isoler la base. A partir de celle-ci on prépare facilement divers sels. Ce procédé s'applique aussi à la méthylation en (3) de l'amino-2 thiazol et de l'amino-2 méthyl-4 thiazol non halogénés; dans ces deux derniers cas, on retrouve des produits déjà décrits et obtenus en méthylant par l'iodure de méthyle ([3]).

J'ai préparé les combinaisons suivantes : l'imino-2 méthyl-3 iodo-5 thiazolone, paillettes, F 108-110°; son chlorhydrate, F 200°; son méthylsulfate, prismes, F 180° (anhydre); l'imino-2 méthyl-3 bromo-5 thiazolone, huile soluble dans le chloroforme; son chlorhydrate, paillettes, F 210°; son méthylsulfate, aiguilles F 114-115°; l'imino-2 méthyl-3 méthyl-4 iodo-5 thiazolone, F 129°, courtes aiguilles; son chlorhydrate, aiguilles, F 190°; son méthylsulfate, prismes, F 133°; l'imino-2 méthyl-3 méthyl-4 bromo-5 thiazolone, huile soluble dans l'éther; son chlorhydrate, aiguilles, F 230°; son méthylsulfate, prismes, F 205-210°.

Les bases sont très peu solubles dans les solvants usuels, sauf l'éther et le chloroforme. Les sels des dérivés méthylés à l'azote (3) sont plus solubles dans

---

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1944, p. 597 et **222**, 1946, p. 963-964.

([2]) Préparé déjà par K. Ganapathi et Alamela Venkataraman, *Proc. Indian Acad. Sc.*, **22** A, 1945, p. 343-358.

([3]) A. Hantzsch et L. H. Weber, *Ber. d. Chem.*, **20**, 1887, p. 3122.

l'eau que les non méthylés. Les chlorhydrates et les méthysulfates se dissolvent dans l'eau, les alcools méthylique et éthylique (recristallisation) et sont peu ou pas solubles dans tous les autres solvants usuels.

J'ai admis que le groupe méthyle s'est fixé en (3) pour les raisons suivantes : il est peu vraisemblable qu'il soit porté par le soufre, car la molécule deviendrait sans doute bibasique, ce qui n'est pas; d'autre part ces produits diffèrent profondément, par leurs propriétés, des méthylamino-2 thiazols halogénés isomères.

La seule position possible reste l'azote (3).

D'ailleurs, j'ai vérifié l'identité du produit de méthylation de l'amino-2-méthyl-4-bromo-5 thiazol et de celui de bromuration de l'imino-2-méthyl-3-méthyl-4 thiazolone; la constitution de ce dernier avait été proposée par Traumann [4] en s'appuyant sur la nature de ses produits d'hydrolyse en milieu chlorhydrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les esters cétoparaconiques. Hydrolyse de l'ester hexyl-chlorocétoparaconique. Acide hexylpyruvique.* Note de MM. **Henry Gault** et **Roger Ritter**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'obtention des esters alcoyl- et aryl-cétoparaconiques a déjà fait l'objet de plusieurs Communications antérieures [1]. La présente Note a trait à la formation et à l'étude du comportement chimique de l'ester *n*-hexyl-cétoparaconique dont il était intéressant de comparer les propriétés à celles de l'ester phényl-cétoparaconique, ces deux esters ne différant, en effet, que par la nature des deux substituants du cycle cétolactonique, radical acyclique C_6H_{13} et radical aromatique C_6H_5.

L'ester hexylcétoparaconique se forme avec un rendement de 75 % par condensation directe, en milieu aqueux, de l'énanthol avec l'énolate oxalacétique de potassium. C'est un solide blanc, bien cristallisé (F 42°), très soluble dans les solvants organiques et recristallisable dans l'alcool étendu. Phénylhydrazone (F 98-99°).

Esters hexyl-halogéno-cétoparaconiques. — Les esters hexylchloro- et hexyl-bromo-cétoparaconiques (I) s'obtiennent facilement par action directe du chlore et, respectivement, du brome, en milieu aqueux, sur l'ester hexyl-cétoparaconique, avec des rendements presque quantitatifs. Ces esters sont tous deux des huiles visqueuses, indistillables sans décomposition, même sous pression très réduite.

---

(4) *Ann. d. Chem.*, 249, 1888, p. 43.

(1) H. Gault et Collaborateurs, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 848; 222, 1945, p. 86 et 185; 222, 1946, p. 294, 396 et 1299.

Ils sont assez peu stables et, abandonnés à eux-mêmes à la température ordinaire, se décomposent plus ou moins rapidement.

Sous l'action des agents d'hydrolyse alcalins les plus faibles, le cycle cétoparaconique de ces esters halogénés s'ouvre par double hydrolyse, génératrice, en même temps que d'acide oxalique, d'acides-alcools dont la déshydratation spontanée conduit aux acides α-halogéno-acryliques (II) puis, par une nouvelle réaction d'hydrolyse, à l'acide hexyl-pyruvique (III)

$$\underset{(I)}{\begin{array}{l} \quad\quad\quad X \\ OC\!-\!\!-\!\!-\!C\!-\!COOC_2H_5 \\ OC\quad\ \ CH\!-\!C_6H_{13} \\ \quad\ \ O \end{array}} \xrightarrow{+H_2O} C_2O_4H_2 + \begin{array}{c} COOH \\ | \\ X\!-\!C\!-\!H \\ | \\ H\!-\!C\!-\!OH \\ | \\ C_6H_{13} \end{array}$$

$$\longrightarrow \underset{(II)}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ X\!-\!C \\ \| \\ H\!-\!C \\ | \\ C_6H_{13} \end{array}} \longrightarrow \begin{array}{c} COOH \\ | \\ HO\!-\!C \\ \| \\ H\!-\!C \\ | \\ C_6H_{13} \end{array} \longrightarrow \underset{(III)}{C_6H_{13}\!-\!CH_2\!-\!CO\!-\!COOH}$$

1. *Ester et acide α-chloro-hexylacrylique* (II). — Par agitation, à la température ordinaire, d'une solution éthérée de l'ester hexyl-chlorocétoparaconique soit avec une solution saturée de bicarbonate de potassium, soit avec de l'ammoniaque, il se forme de l'acide oxalique et de l'ester α-chloro-hexylacrylique, liquide mobile, incolore, distillant à 128-130° sous 13^mm^. Rendement 96 %.

En chauffant au bain-marie l'ester hexyl-chlorocétoparaconique avec une solution aqueuse de potasse caustique à 20 %, on obtient l'acide hexyl-choroacrylique, liquide distillant à 167-168° sous 20^mm^. Rendement 95 %.

2. *Acide hexylpyruvique* (III). — C_6H_{13}—CH_2—CO—COOH. — On chauffe à 110° l'ester-chlorohexyl-cétoparaconique avec un grand excès d'une solution aqueuse de potasse caustique à 33 %. Par acidification de la liqueur alcaline, on recueille un mélange formé d'un solide imprégné d'une huile. Ce mélange ne renferme plus de chlore et ne donne aucune coloration avec le perchlorure de fer. Les cristaux sont essorés et recristallisés dans l'éther de pétrole. Le produit ainsi obtenu est acide, ne décolore pas l'eau de brome, et fond à 67-68°. Malgré la divergence que nous avons relevée entre le point de fusion et ceux qui ont été indiqués par J. Smedley [2] (F 105-106°) et Adickes [3] (F 43-44°), nous sommes conduits à admettre, en nous basant sur

---

[2] J. Smedley-Maclean et Pearce, *Bioch. Journ.*, 28, 1934, p. 493.
[3] F. Adickes et G. Andresen, *Ann. der. Chem.*, 555, 1943, p. 41-56.

nos déterminations analytiques, que cet acide est l'acide hexylpyruvique. *p*-nitrophénylhydrazone : F 130-131°. Dinitro-2,4 phénylhydrazone : F 122-123°.

3. *Ester et acide α-bromo-hexylacrylique. — Acide hexylpyruvique.* — Dans des conditions d'hydrolyse sensiblement analogues à celles qui viennent d'être décrites pour l'ester chloré, l'ester hexyl-bromo-cétoparaconique donne naissance à l'ester α-bromo-hexylacrylique, liquide légèrement jaune, E_{13} 141-142°, à l'acide α-bromo-hexylacrylique, liquide mobile, E_{17} 174-174°,5, et finalement à l'acide hexylpyruvique.

En résumé, et comme on pouvait s'y attendre, la substitution sur le cycle cétoparaconique, du radical *hexyle* au radical *phényle* n'exerce pas d'influence notable sur les propriétés chimiques caractéristiques de ce cyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des semicarbazones des acides cétoniques en présence de nickel de Raney.* Note de MM. **Pierre Chabrier** et **Aleš Sekera**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les produits de l'hydrogénation par l'amalgame de sodium des semicarbazones de quelques acides α, β, γ et ε cétoniques ont été décrits dans une récente Note [1] par Bougault, Cattelain et Chabrier.

L'objet de cette Note est d'indiquer les résultats obtenus en hydrogénant catalytiquement ces mêmes semicarbazones en présence de nickel de Raney.

I. *Semicarbazones des acides α-cétoniques.* — Les semicarbazones des acides phénylglyoxylique $C_6H_5.CO.CO_2H$, phénylpyruvique $C_6H_5.CH_2.CO.CO_2H$ et benzylpyruvique $C_6H_5.CH_2.CH_2.CO.CO_2H$ ont été soumis à l'hydrogénation catalytique en présence de nickel de Raney. L'opération a porté sur le sel de sodium de ces combinaisons dissous en solution aqueuse (concentration M/8 environ).

Dans tous les cas la semicarbazone fixe deux atomes d'hydrogène et conduit aux acides semicarbazidiques [formule (I)] obtenus par J. Bougault [2] en hydrogénant ces composés au moyen de l'amalgame de sodium.

$$\text{(I)}\qquad \begin{array}{l} R.CH-CO_2H \\ \quad | \\ \quad NH-NH.CO.NH_2 \end{array}$$

Toutes choses égales d'ailleurs (concentration moléculaire, alcalinité, quantité de catalyseur), la vitesse d'hydrogénation varie selon la semicarbazone considérée. Elle s'accroît, dans les exemples choisis, d'autant plus que le groupement cétonique est plus éloigné du groupement aryl. Ainsi la

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 876.
(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 186.

semicarbazone de l'acide benzylpyruvique s'hydrogène environ deux fois plus rapidement que celle de l'acide phénylpyruvique, laquelle s'hydrogène une fois et demie plus vite que celle de l'acide phénylglyoxylique. Dans ce dernier cas l'hydrogénation n'affecte que 50 % environ de la semicarbazone engagée. La vitesse d'hydrogénation s'accélère encore si l'opération s'effectue en milieu alcalin; ainsi la semicarbazone de l'acide benzylpyruvique s'hydrogène quatre fois plus rapidement si l'on opère en milieu alcalin N/10 qu'en milieu neutre. Les dioxytriazines de J. Bougault ([3]) [formule (II)], produits de cyclisation des semicarbazones des acides α-cétoniques, ne s'hydrogènent pas en présence de nickel de Raney, ni en milieu neutre, ni en milieu alcalin, alors que l'amalgame de sodium les hydrogène facilement en conduisant après ouverture du cycle à l'acide semicarbazidique [formule (I)].

(II) $$R.C\begin{matrix}\diagup N-NH\diagdown \\ \diagdown CO-NH\diagup\end{matrix}CO$$

II. *Semicarbazones des acides β-cétoniques.* — Les semicarbazones de deux éthers β-cétoniques (acétylacétate d'éthyle, benzoylacétate d'éthyle) ont été hydrogénées en milieu alcoolique vers 60°. Alors que la semicarbazone de l'acétylacétate d'éthyle fixe rapidement deux atomes d'hydrogène en donnant un mélange de composés visqueux non identifiés, ne réduisant pas le réactif de Nessler, la semicarbazone du benzoylacétate d'éthyle ne s'hydrogène pas mais se transforme en phénylpyrazol.

III. *Semicarbazone de l'acide benzoylpropionique* (γ-cétonique). — Ce composé s'hydrogène très lentement en milieu neutre en se décarboxylant partiellement; en milieu alcalin N/10, la vitesse d'hydrogénation est 4 fois plus rapide et conduit au dicéto-3.5-benzyl-8 triaza-1.2.4 cyclo-octane [formule (III)] déjà obtenu par hydrogénation de ce même produit au moyen de l'amalgame de sodium.

(III) $$C_6H_5-CH\begin{matrix}\diagup CH_2-CH_2-CO\diagdown \\ \diagdown NH-NH-CO\diagup\end{matrix}NH$$

IV. *Semicarbazone de l'acide pinonique* (ε-cétonique). — Ce composé n'a pu être hydrogéné catalytiquement en présence de nickel de Raney.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme de la désamination nitreuse des α-aminoalcools. Influence du milieu réactionnel.* I. *Formation de chlorhydrines.* Note ([1]) de M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que la désamination nitreuse des α-amino-alcools conduit le plus souvent à des composés carbonylés par transposition, quelquefois à des glycols,

([3]) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 83.

([1]) Séance du 23 février 1948.

plus rarement à des époxydes, sans transposition. Mlle B. Tchoubar (²) a donné une interprétation électronique de cette réaction, comportant la formation intermédiaire d'un ion carbonium A, qui laisse prévoir non seulement la formation d'un époxyde B, d'une cétone C, d'un glycol D, mais encore d'un monoester E du glycol par la réaction de l'ion carbonium avec l'ion acide X négatif se trouvant dans le milieu réactionnel (³).

$$\left(\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|\overline{O}|}{C}} - \underset{\underset{\underset{H}{\downarrow (+)}}{H-N-H}}{C} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix} \right) |\overline{X}|^{(-)} \xrightarrow{H-\overline{O}-\overline{N}=\overline{O}} \left(\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|\overline{O}|}{C}} - \underset{\underset{\underline{N}}{|||}}{\underset{N^{(+)}}{C}} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix} \right) |\overline{X}|^{(-)} + 2\,H-\overline{O}-H$$

$$\downarrow$$

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{|\underline{O}|^{(-)}}{C} - \underset{(+)}{C} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix} + H^{(+)} \rightleftharpoons \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|\overline{O}|}{C}} - \underset{(+)}{C} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix} + |N \equiv N| \quad (A)$$

$$\swarrow \quad \searrow \quad \overset{H-\overline{O}|^{(-)}}{\swarrow} \quad \overset{|\overline{X}|^{(-)}}{\searrow}$$

$$\underset{(B)}{\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! C \underset{\overline{O}}{-} C \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix}} \qquad \underset{(C)}{R_2 - \underset{|O|}{\overset{}{\underset{\|}{C}}} - C \!\begin{matrix} R_1 \\ R_3 \\ R_4 \end{matrix}} \qquad \underset{(D)}{\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|O|}{C}} - \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|O|}{C}} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix}} \qquad \underset{(E)}{\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!>\! \underset{\underset{H}{|}}{\underset{|O|}{C}} - \underset{|\underline{X}|}{C} \!<\! \begin{matrix} R_3 \\ R_4 \end{matrix}}$$

Les conditions opératoires pouvant influencer le sens de la réaction, nous avons étudié la désamination nitreuse de certains α-amino-alcools en présence d'une proportion plus ou moins grande d'acide chlorhydrique.

Les α-amino-alcools suivants ont été étudiés :

(I) $C_6H_5CHOHCHNH_2C_6H_5$ (⁴),
(II) $(C_6H_5)_2COHCH_2NH_2$ (⁵),
(III) $(C_7H_{15})_2COHCH_2NH_2$,
(IV) $(C_2H_5)_2COHCHNH_2C_6H_5$ (⁵),
(V) $(C_6H_5)_2COHCHNH_2C_6H_5$ (⁵), (⁶),
(VI) $(C_6H_5CH_2)_2COHCHNH_2C_6H_5$ (⁵).

La plupart de ces amino-alcools ont déjà été décrits. Nous avons préparé le 1-*amino-2-heptylnonan-2-ol* (III) par la méthode de Thomas et Bettzieche (⁵) :

(²) *Thèse doctorat Université*, Paris, 1946.

(³) Cette réaction avait été observée par Hückel et Wilip (*J. Prakt. Chem.*, 158, 1941, p. 21) dans le cas des amines, mais n'a pas encore été signalée pour les amino-alcools.

(⁴) Goldschmidt et Polonowska, *Ber.*, 20, 1887, p. 492.

(⁵) *Z. Physiol. Chem.*, 140, 1924, p. 244.

(⁶) Mc Kenzie et Richardson, *J. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 79.

E(3mm) 156-159°; F 34-35°. *Picrate*, F 118-119°. *Dérivé* N-*benzoylé*, F 79-80°.

La désamination a été effectuée au moyen d'un excès de $NaNO_2$, vers 5°, avec agitation mécanique, le plus souvent en présence de dioxane. Les produits de désamination ont été soit identifiés directement, soit caractérisés par différentes méthodes : dosage des groupements acétylables, dosage du chlore, dosage des hydrogènes actifs.

La désamination, en milieu acétique ou chlorhydrique dilué, des amino-alcools (I), (IV), (VI), examinée par différents auteurs, a fourni un mélange de glycol et de cétone; celle des amino-alcools (II), (V) a fourni uniquement des cétones.

La désamination en milieu chlorhydrique plus concentré (37 mol-g par mol-g d'amino-alcool) nous a conduit à des résultats qui peuvent être groupés comme suit :

a. les amino-alcools (I), (III), (IV), (VI) fournissent des quantités plus ou moins grandes de chlorhydrines (respectivement 25, 55, 35 et 40 %) ainsi que de substances acétylables et de cétones. Les substances acétylables semblent être composées d'un mélange de glycols et d'époxydes, en proportions variables, d'après les dosages comparés de l'indice d'acétyle et des hydrogènes actifs;

b. Les amino-alcools (II), (V) fournissent presque uniquement des cétones.

La formation de chlorhydrines, en quantités notables, lors de la désamination de certains amino-alcools, apporterait une confirmation à la formation intermédiaire d'un ion carbonium, si la désamination nitreuse d'amino-alcools optiquement actifs n'avait pas conduit dans certains cas à des cétones [7], [8] et des glycols [8], [9] actifs ou partiellement racémisés. En effet, ces faits paraissent en contradiction avec l'existence réelle, pendant un temps aussi court soit-il, d'un ion carbonium A dont la configuration optique est instable [10] et qui devrait entraîner la formation d'un produit entièrement racémisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydroxyphtalimidine et son « soi-disant dimère ».* Note de MM. **Albert Dunet** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

I. L'hydroxyphtalimidine a été obtenu pour la première fois en 1913 par A. Reissert [1], en réduisant le phtalimide par le zinc et la soude (petites aiguilles fondant à 171-172°, solubles en particulier dans les solutions sodiques).

---

(7) Bernstein et Whitmore, *J. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1324; Kanao et Yaguchi, *J. Pharm. Soc. Japan*, 48, 1928, p. 252; Mc Kenzie, Roger et Wills, *J. Chem. Soc.*, 129, 1926, p. 779.

(8) Mc Kenzie et Mills, *Ber.*, 62, 1929, p. 284.

(9) Read et Steele, *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 910; Mc Kenzie et Lesslie, *Ber.*, 62, 1929, p. 288.

(10) Wallis et Adams, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933. p. 3838.

(1) *Ber. der Chem. Ges.*, 46, 1913, p. 1488.

En 1930, B. Sakuraï [2], étudiant la réduction électrolytique en milieu hydro-alcoolique du phtalimide, obtint un hydroxyphtalimidine différent de celui de Reissert (aiguilles fondant à 105°). D'après des déterminations de poids moléculaire, ce dernier auteur attribua une forme monomère à son composé et une forme dimère à celui de Reissert. De plus, il montra que son composé se transformait en celui de Reissert par chauffage avec de l'acide sulfurique 6 N.

Nous avons repris la réduction électrolytique de Sakuraï dans les conditions suivantes :

La solution cathodique est formée de 50^{cm^3} d'alcool éthylique, 50^{cm^3} d'eau, 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique et 3^g de phtalimide. La cathode est une plaque de plomb de 1^{dm^2} préparée suivant Tafel. La solution anodique est une solution d'acide chlorhydrique à 5 %. L'anode est une plaque de platine. La réduction électrolytique s'effectue à 20-30° par passage d'un courant de 2 ampères pendant 4 heures en agitant la solution cathodique. Après neutralisation et évaporation de l'alcool, on obtient un précipité qui, après recristallisation dans l'alcool, fond à 108°. Rendement 25-30 %.

L'analyse élémentaire nous démontra que le composé obtenu était le dérivé éthoxylé résultant de l'action de l'hydroxyphtalimidine sur l'alcool éthylique du milieu réactionnel.

$$C_6H_4\left\langle\begin{matrix} C(H)(OH) \\ CO \end{matrix}\right\rangle NH + C_2H_5OH \rightarrow C_6H_4\left\langle\begin{matrix} C(H)(OC_2H_5) \\ CO \end{matrix}\right\rangle NH + H_2O$$

N % pour $C_{10}H_{11}O_2N$ 7,91; trouvé, 8,03.

En remplaçant dans l'expérience précédente l'alcool éthylique par l'alcool méthylique, il se forme un dérivé méthoxylé (petits prismes fondant à 99°; N % pour $C_9H_9O_2N$ 8,59 ; trouvé 8,75).

Il nous a paru naturel, pour obtenir de cette façon l'hydroxyphtalimidine, d'éviter l'emploi d'un milieu hydroalcoolique. En le remplaçant par un mélange dioxane-eau, l'expérience a fourni avec un rendement de 70 % un produit de point de fusion 178° (bloc Maquenne) qui s'est révélé identique à celui de Reissert.

La détermination du poids moléculaire ne nous a pas permis de confirmer les conclusions de Sakuraï : le produit de Reissert est incontestablement monomère (théorie, 149; trouvé : par ébullioscopie dans l'eau 153; par ébullioscopie dans l'alcool éthylique 156 ; par la méthode de Rast 173-177).

Ainsi, il résulte que l'hydroxyphtalimidine se forme comme produit primaire de réduction du phtalimide, mais qu'il est susceptible de réagir facilement avec

---

[2] *Bull. Chem. Soc. Japon*, 5, 1930, p. 184.

certaines molécules du milieu réactionnel (alcool éthylique, alcool méthylique), ainsi que d'ailleurs avec des produits de réduction du phtalimide tels que la phtalimidine [3] ou l'isoindoline [4].

Bien entendu, le courant électrique n'intervient pas dans ce genre de condensation : il suffit en effet d'abandonner quelques heures une solution hydroalcoolique d'hydroxyphtalimidine en présence d'acide chlorhydrique pour séparer, après alcalinisation et concentration, les dérivés alcoxylés avec des rendements de 70-80 %. On peut même les obtenir plus rapidement par ébullition d'une solution alcoolique d'hydroxyphtalimidine en présence de quelques gouttes d'acide (chlorhydrique ou sulfurique). Ce procédé nous a permis de préparer toute une série de dérivés (propoxy F 102°; isopropoxy F 125°; *n*-butoxy F 93°; *n*-amyloxy F 85°; benzyloxy F 103°).

Le dérivé décrit par B. Sakuraï n'est autre que le dérivé éthoxylé de l'hydroxyphtalimidine de A. Reissert, et il donne effectivement l'hydroxyphtalimidine par simple hydrolyse en milieu sulfurique.

II. Nous avons été étonnés qu'un composé isomère de l'hydroxyphtalimidine, l'aminophtalide, possédât une solubilité dans les solutions alcalines. Ce corps, que S. Racine [5] obtenait par action de l'ammoniac sur le bromophtalide, avait des propriétés physiques (F 167°, solubilités dans le chloroforme, l'éther et le benzène) qui devaient le différencier de l'hydroxyphtalimidine. En reprenant le mode opératoire décrit par S. Racine, nous avons obtenu un produit fondant à 178° qui s'est révélé identique à l'hydroxyphtalimidine de A. Reissert. Comme le produit était finalement recristallisé dans l'eau, on pouvait admettre, par addition et élimination successives d'une molécule d'eau, l'ouverture du cycle oxygéné suivie d'une recyclisation sur l'atome d'azote :

H, NH_2, C, O, C, O $\xrightarrow{+H_2O}$ H, OH, C, NH_2, CO_2H $\xrightarrow{-H_2O}$ H, OH, C, NH, C, O

En remplaçant l'eau par du dioxane anhydre (séché sur sodium), le résultat fut identique.

Il y a là un phénomène très caractérisé de tautomérie.

(3) A. Dunet et A. Willemart, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1443.

(4) A. Dunet, Expériences inédites.

(5) S. Racine, *Ann.*, **239**, 1887, p. 91.

GÉOLOGIE. — *Découverte de l'Ordovicien en Algérie atlasienne.* Note de MM. **Alexis Lambert**, **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, transmise par M. Paul Fallot.

Dans une Note précédente (1) l'un de nous a signalé l'existence de terrains paléozoïques fossilifères sur le versant septentrional du Djurdjura entre Azerou Agouni bou Amane et le pic 1865m. Jusqu'à présent, il n'avait pas été possible de dater ces formations d'une manière précise.

Les schistes calcareux et micacés correspondant au terme 5 d'une coupe donnée dans la publication citée, nous ont fourni les espèces suivantes : *Nicolella Actoniæ* Sow., *Heliocrinus Rouvillei* v. Koenen, *Juglandocrinus* cf. *crassus* v. Koenen, *Echinosphærites* sp., *Caryocystis* sp., ainsi que des Amphorides, des Orthidés et des Chætetidés indéterminables.

Les Cystoïdes de ce gisement se présentent, comme c'est souvent le cas, d'une part sous forme de calices bien dégagés, à test spathique d'une épaisseur considérable (atteignant 10mm), dans lequel se distinguent les rhombes de pores et les pectinirhombes, d'autre part en empreintes permettant d'observer, mieux que sur les calices toujours plus ou moins usés, la disposition des plaques et leur structure fine (ornementation transsuturale caractéristique des Rhombifères, diplopores des Amphorides),

La présence de *Nicolella Actoniæ* et d'*Heliocrinus Rouvillei* dans cette petite faune est suffisante pour que l'on puisse rapporter celle-ci à l'Ashgill. En outre, l'horizon considéré nous paraît d'un faciès biologique comparable à celui du niveau à *Nicolella Actoniæ* de la Montagne Noire (2), également riche en Cystoïdes, dont plusieurs formes sont identiques aux nôtres. Il s'agit d'ailleurs d'espèces voisines de celles qui sont représentées dans les pays scandinaves (3) (4), également au même niveau.

C'est, à notre connaissance, la première fois, que cette faune est signalée en Afrique du Nord. Dans la belle série ordovicienne du Maroc (5) (6) les schistes

(1) Alexis Lambert, *Sur les terrains primaires et infraliasiques du Djurdjura* (Algérie) (*Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 414).

(2) Maurice Dreyfus, *Les Cystoïdes de l'Ordovicien supérieur du Languedoc* (*B. S. G. F.*, 5e série, **9**, 1939, p. 117-134).

(3) Öpik, *Brachiopoda Protremata des Estlandischen Ordovizichen Kubruse-Stufe*. Tartu, 1930.

(4) Gerhard Regnéll, *Non-Crinoid Pelmatozoa from the Paleozoic of Sweden*. (*Meddel. Lunds Geol. Miner. Inst.*, no **108**, 1945).

(5) Henri et Geneviève Termier, *Les principaux niveaux paléontologiques de l'Ordovicien marocain* (*C. R. Somm. S. G. F.*, **13**, 1947, p. 254).

(6) Georges Choubert, Henri et Geneviève Termier, *Sur la stratigraphie de l'Ordovicien marocain* (*C. R. Somm. S. Fr.*, **16**, 1947, p. 335).

à *Chonetoidea radiatula* de la région d'Oulmès semblent bien ne correspondre qu'à l'Ashgill inférieur, tandis que les couches à Amphorides, assez fréquentes dans l'Anti-Atlas, appartiennent vraisemblablement au Llandeilo.

Le niveau à *Nicolella Actoniæ* du Djurdjura vient peut-être combler une lacune de la stratigraphie nord-africaine (s'il devait se ranger dans l'Ashgill supérieur); il montre en tous cas que l'extension géographique des Rhombifères est plus étendue qu'on ne le supposait jusqu'à présent [7].

D'ailleurs la répartition de ces organismes dans le monde ordovicien est bien différente de celles des Amphorides. Tandis que les premiers sont de beaucoup les mieux représentés en Amérique du Nord, en Grande-Bretagne, dans les Provinces Baltes et en Scandinavie, les seconds dominent nettement en Armorique et en Chine; enfin les deux groupes sont associés en Bohême, dans la Péninsule Ibérique et en Algérie. Cette distribution peut être due à l'établissement de conditions biologiques différentes, mais il serait prématuré de parler de provinces. Nos connaissances sur les niveaux et les biotopes relatifs à ces groupes sont en effet trop incomplètes pour nous permettre d'aboutir à des conclusions satisfaisantes.

Il est donc à souhaiter, au double point de vue stratigraphique et paléogéographique, que les géologues travaillant dans le Primaire africain recherchent systématiquement tous les ordres de Cystoïdes, organismes peu connus et souvent difficiles à distinguer, mais qui ont une valeur chronologique certaine.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique antéhercynienne, probablement précambrienne, de l'Auvergne et du Bourbonnais.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

En 1934 et 1937, j'ai distingué dans le Massif Central, au Nord, un *socle antéhercynien, probablement précambrien*, en partie couvert de Paléozoïque et qui comprend la zone morvano-roannaise, le Bourbonnais et l'Auvergne, au Sud, *la zone métamorphique hercynienne* des Cévennes méridionales et du Rouergue, enfin, entre les deux, une zone d'âge encore un peu douteux qui s'étend du Lyonnais à Brioude, Ussel et au Limousin méridional.

Au nord du massif granitique d'Ussel, j'ai observé, en accord avec une indication de M. J. Jung en 1946, le *renversement de paragneiss à biotite, avec cipolins, sur des paragneiss à biotite et muscovite et sur des micaschistes*. Mais une étude détaillée m'a permis de constater qu'il s'agit d'un *synclinal déversé vers le Sud*, parfois couché, réduit à une racine subverticale au nord-est d'Ussel, et que, d'autre part, les migmatites granitiques d'Eygurande s'enfoncent sous cet ensemble plissé.

---

(7) Geneviève Delpey, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 14, 1944, p. 247-278.

Au sud de la zone renversée, on retrouve également une superposition normale. Les micaschistes de Singles se prolongent au Sud par ceux de la région de Thalamy, qui reposent, un peu décollés et laminés, sur des gneiss d'imprégnation granitique et sur le granite d'Ussel.

A l'est des migmatites d'Eygurande et Bourg-Lastic, affleurent, brusquement abaissés par l'accident antéstéphanien du grand sillon houiller, à la fois faille et flexure, des micaschistes et des gneiss micaschisteux à biotite et muscovite. Mes recherches récentes ont établi que, partout où ils viennent en contact avec des paragneiss à biotite ou avec des migmatites, *ils occupent, au-dessus d'eux, une position normale*. J'ai vérifié le fait, par exemple, près de Cisternes, dans le vallon du Besanton, et au sud-est de Pontaumur, où se dessine, à l'est du sillon, une bande synclinale, évidemment secondaire, identique à celle que j'ai décrite entre Mauriac, Bort et l'est d'Ussel.

A l'est du granite porphyroïde intrusif de Gelles, intact et probablement carbonifère, et jusqu'à la fosse tertiaire de Limagne, j'ai observé des plis à peu près symétriques, dont les axes sont orientés NNE ou NE, avec ennoyage axial vers le SSW. Dans ces plis, la répartition du degré métamorphique est normale : migmatites et gneiss d'imprégnation granitique, paragneiss à biotite, paragneiss à biotite et muscovite, micaschistes, schistes épimétamorphiques, probablement dévoniens, de Ceyssat et Nébouzat, partiellement transformés en cornéennes, au contact du granite d'Orcival et Saint-Genest.

Il semble bien, près de Ceyssat, qu'il y ait *discontinuité entre les schistes de Ceyssat et les paragneiss à biotite*, immédiatement voisins. Cette observation s'accorde avec celles qui conduisent à attribuer les uns au Dévonien, les autres au Précambrien. Les deux termes sont traversés par le *granite intrusif d'Orcival, probablement carbonifère*, puisqu'au contact des schistes et du granite, près de Pont-des-Eaux et de la Gorce, j'ai observé des gneiss leptynitiques de contact et des cornéennes.

Au nord du granite de Gelles et dans la région de Pontgibaud, la structure est analogue; mais on distingue un synclinal plus occidental, de même orientation; la répartition du degré métamorphique est normale à l'Est, tandis qu'à l'Ouest, près de Bromont, existe un léger déversement, peut-être un accident.

Enfin, plus au Nord, les migmatites de l'anticlinal de la Goutelle s'enfoncent sous les paragneiss et micaschistes, plus ou moins granitisés, des Ancizes et de Saint-George-de-Mons. Bien que le granite de Saint-Gervais masque la jonction, ceux-ci sont probablement liés aux micaschistes du substratum et du flanc inverse de la nappe de la Sioule.

Ainsi se trouve éclairé le problème des relations entre le renversement du Cristallophyllien dans la région de la Sioule, le renversement de la région d'Eygurande et celui que j'ai décrit, depuis longtemps, près de Mauriac et qui correspond, à mon sens, à la zone d'enracinement de la nappe de la Margeride.

M. J. Jung a admis en 1946 qu'il s'agit d'un seul phénomène. Il faudrait

alors envisager, pour la nappe de la Margeride, un charriage de 150^{km} et non plus seulement de 50^{km}, comme je l'ai indiqué, ou expliquer le renversement par une surface de poussée dont la trace serait orientée NNE, ce qui ne s'accorde pas avec l'ensemble des observations.

En fait, la *zone renversée d'Eygurande*, qui se prolonge d'ailleurs axialement par une racine subverticale, est séparée des terrains renversés de Mauriac par une région à superposition normale, l'anticlinal de Neuvic, simplement déversé au Sud sur les précédents. *C'est un synclinal, parfois déversé ou même couché vers le Sud*, qui correspond à ceux que j'ai décrits à l'est du grand sillon houiller et prolonge peut-être l'un d'eux. Il est probable que les micaschistes et paragneiss de ce synclinal sont précambriens. Lui-même peut être aussi précambrien ou représenter une structure hercynienne de l'arrière-pays précambrien.

D'autre part, les terrains renversés d'Eygurande sont séparés de ceux de la Sioule par une vaste région où la répartition du degré métamorphique est normale. A une tectonique précambrienne, qui, à l'Ouest, est une tectonique tangentielle profonde, se superposent des plis orientés NNE, qui semblent antérieurs au granite de Guéret et résultent probablement d'une phase hercynienne antéviséenne.

Le renversement de la région de la Sioule, comme je l'ai indiqué dans une Note antérieure, *correspond à une nappe antéhercynienne, probablement précambrienne*, en forme de pli couché, qui s'enracine au nord de la Bouble et dont le cheminement vers le Sud-Est n'a pas dépassé une vingtaine de kilomètres.

Dans les régions voisines, jusqu'au bord sud du bassin de Paris, au sud de Montluçon et entre Montluçon et Moulins, *l'ordre de superposition du Cristallophyllien semble normal.*

GÉOCHIMIE. — *Sur les variations du* pH *et du* rH *dans quelques tourbières du Jura français.* Note de M. **Fridolin Firtion**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

La mise au point d'une technique pour l'étude sur le terrain des variations du pH et du rH des tourbières jurassiennes, m'a conduit à entreprendre une campagne préliminaire dans les dépôts tourbeux de la région située entre Frasne (Doubs) et Andelot (Jura) le long de la voie ferrée Mouchard-Pontarlier.

Les recherches ont eu lieu :

1° dans la grande tourbière de l'Étang de Frasne, à environ 3^{km} au sud de l'agglomération, sur le côté Est de la route de Bonnevaux, altitude 850^m; 2° dans la tourbière de la gare de Boujeailles, sur le côté Sud de la ligne de Pontarlier, altitude 819^m; 3° dans la tourbière d'Andelot-Dessous, sur le côté Est de la route de Champagnole, altitude 625^m.

Le tableau ci-après résume les principaux caractères de chaque tourbière et donne les profondeurs sur lesquelles ont porté les mesures.

Tourbière.	Constitution.	Age.	Profondeur étudiée pH.	Profondeur étudiée rH.	Age de la tourbe étudiée.
Frasne profondeur 6m,50	0m à 0m,75 Tourbe de Sphaignes puis caricière	Boréo-subatlantique	4m	3m	Subatlantique-atlantique
Boujeailles profondeur 6m,90	Caricière plus ou moins argileuse	Atlantique-subatlantique	4m,25	1m,50	id.
Andelot profondeur 2m,25	id.	Boréo-subatlantique	2m,50	2m,25	Boréo-subatlantique

Mesures. — Le pH a été déterminé par la méthode électrométrique. Le calcul du rH a été fait à l'aide de la formule

$$rH = \frac{\text{Emes} + 250 + 0{,}058\ \text{pH}}{0{,}029} \quad (^1),$$

E mes. = potentiel du fil de Pt. Les mesures ont été faites tous les 25cm.

Résultats. — Dans les trois tourbières, le pH augmente régulièrement de la surface jusqu'à une certaine profondeur qui varie dans chacune des tourbières étudiées : 2m,25 (Frasne), 1m,50 (Boujeailles) et 0m,75 (Andelot). Au-dessus de ces niveaux, les variations du pH sont comprises entre les valeurs suivantes : 2,7 et 6,85 (Frasne), 2,5 et 7,12 (Boujeailles), 3,55 et 6,65 (Andelot).

Au-dessous de ces niveaux, les variations du pH deviennent irrégulières et sont comprises entre 5,75 et 6,90 (Frasne), 3,20 et 7,85 (Boujeailles), 5,75 et 7,80 (Andelot).

Le potentiel du fil de Pt, d'abord positif, diminue avec la profondeur et devient ensuite négatif. Les courbes de variation indiquent un abaissement rapide du potentiel à une faible profondeur (0m,25 pour Frasne et Boujeailles ; à Andelot le potentiel ne subit un abaissement appréciable qu'à 0m,75). Les valeurs obtenues pour chacun de ces niveaux font l'objet du tableau ci-dessous :

Tourbière.	Niveau (m).	Potentiel (mV).
Frasne	0	430
	0,25	195
Boujeailles	0	487
	0,25	94
Andelot	0	369
	0,25	354
	0,50	369
	0,75	−7

(1) F. Vlès, *Précis Chim. Phys.*, 1929, p. 233 et L. Meyer, *Thèse Univ. Strasb. Pharm.*, 1933, p. 234.

Le rH calculé est compris entre les valeurs suivantes :

Frasne.............	28 –18,5
Boujailles............	30,4–20,3
Andelot..............	29,3–19,5

Sur le front de taille de la tourbière de Frasne, les valeurs du rH sont comprises entre 32,3 et 25,6.

Conclusion. — Les mesures effectuées ont porté sur des tourbes de même âge, toutes trois de bas-marais, sauf les premiers 75^{cm} de la tourbière de Frasne où la tourbe est faite de Sphaignes. Il semble que les valeurs de pH obtenues soient en relation avec la teneur en matière minérale de chacune des tourbières examinées : la tourbe la plus pure donnant les valeurs de pH les plus basses et le changement de signe du potentiel de Pt s'effectuant à faible profondeur dans une tourbe riche en substance minérale, donc en cendres.

Le rH calculé donne des valeurs qui indiquent un milieu oxydé en surface, mais devenant rapidement réducteur à faible profondeur; sur front de taille, le rH est nettement oxydant.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur quelques expériences de pluie artificielle.* Note [1] de M. **René Eyraud**, présentée par M. Henri Villat.

Dix expériences de projection de neige carbonique granulée sur des nuages naturels ont eu lieu en France entre le 25 mars 1947 et le 9 février 1948. Les essais ont été faits dans des conditions variées, tant en ce qui concerne les types de nuages que les températures de leurs sommets.

Les résultats obtenus furent les suivants :

Sur tous les nuages, aussi bien du type cumulus que du type stratocumulus, dont les sommets étaient à une température voisine de 0°, aucune action n'a pu être constatée dans les cinq essais effectués.

Sur les cumulus à température de sommet très inférieure à 0°, pour quatre tentatives, trois donnèrent effectivement une précipitation de pluie sous le nuage. Il n'y a pas lieu de conclure après l'échec du 4ᵉ essai, imputable à des erreurs opératoires, que la réussite est subordonnée à d'autres conditions que celles dont nous nous servons ici pour classer les expériences.

Enfin un essai a été fait sur un nuage du type stratocumulus également en surfusion avec température de sommet très inférieure à 0°. La dissociation du nuage a été obtenue.

En moyenne 10^{kg} de neige carbonique étaient lancés sur les nuages dont certains atteignaient un volume de 60^{km^3} représentant une masse d'eau condensée de 90000 tonnes.

---

(1) Séance du 1er mars 1948.

Quant aux quantités d'eau recueillies au sol, il n'a pas encore été possible de faire des mesures quantitatives, mais nous nous réservons de prendre toutes dispositions pour remédier dans l'avenir à cette déficience.

Il serait prématuré de vouloir tirer de ces expériences un inventaire complet des possibilités d'action de l'homme sur les nuages; néanmoins il paraît se dégager de ces essais deux conclusions :

1° La neige carbonique n'a d'action que sur les nuages d'eau surfondue à température nettement inférieure à 0°;

2° Quand les conditions requises sont réalisées, la pluie artificielle peut être obtenue avec des quantités de neige carbonique très faibles par rapport à la masse nuageuse (10^{-4} milligramme de CO_2 par mètre cube de nuage).

Ceci confirme et complète les expériences de laboratoire faites sur ce sujet (2), ainsi que la théorie de Bergeron sur la pluie naturelle et nous permet de préciser le mécanisme de la pluie artificielle.

Bergeron juge nécessaire, pour qu'un nuage se résolve en pluie, l'existence de cristaux de glace dans sa partie supérieure, ceux-ci grossissent au détriment des gouttes d'eau, puis tombant, finissent par fondre s'ils passent dans une partie de l'atmosphère à température positive.

Les cristaux de glace ne peuvent se former dans un nuage naturel de gouttelettes surfondues que s'il existe des noyaux de congélation, à moins que la température ne soit suffisamment basse pour que les gouttelettes d'eau se congèlent spontanément. A ce sujet W. Rau (3) a montré que des gouttes d'eau soumises à des alternances de refroidissement et de réchauffement ont une température de congélation spontanée qui va s'abaissant jusque vers — 60°, et ceci étant précisément le cas des nuages du type cumulus à mouvements convectifs intenses, permet d'expliquer qu'ils ne précipitent que difficilement par voie naturelle.

Le gaz carbonique, dégagé par un grain de carboglace tombant dans l'air, provoque avant d'être mélangé à l'air humide un refroidissement local très intense (— 80°) mais extrêmement bref; la vapeur d'eau contenue dans l'air se transforme alors directement en un grand nombre de très petits cristaux de glace sans qu'il soit nécessaire de supposer la présence de noyaux de congélation préexistants, l'absence de pluie naturelle nous confirme d'ailleurs dans ce dernier point de vue et nous sommes ainsi ramené pour la suite au processus de formation de la pluie naturelle.

L'efficacité de la carboglace trouve son explication dans sa lenteur de sublimation, conséquence de sa chaleur latente et de sa compacité, car le nombre de cristaux de glace est proportionnel à la brièveté du refroidissement local et au temps total de sublimation de chaque grain de carboglace. D'autres

(2) Brun et Démon, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 505 et 953; et 226, 1948, p. 589.

(3) *Schrifft. d. deutsch. Akad. f. Luftfahrtforsch.*, 8, 1944, p. 65.

expérimentateurs ont proposé de lancer d'un avion des produits tels que l'air liquide, de l'eau, ou des cristaux d'iodure d'argent; aucun de ces produits ne paraît susceptible d'avoir un rendement, pour des causes diverses, aussi élévé que la neige carbonique.

Le déversement, depuis un avion, de grains de carboglace nous apparut présenter le défaut de ne disséminer la carboglace que dans un plan vertical, la dispersion horizontale se faisant très mal. Aussi avons-nous entrepris la réalisation des bombes à neige carbonique prévues pour éclater au sein du nuage.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur l'inhibition de la croissance des organes du Prunier attaqués par* Anuraphis helichrysi. Note [1] de M. **François Nystérakis**, présentée par M. Joseph Magrou.

Pour étayer les conclusions de notre Note précédente [2] sur le rôle de l'acide indol-β-acétique, qui, injecté par les Pucerons dans les feuilles, y cause à la fois des désordres histologiques et un arrêt de la croissance, qui s'étend à la tige sur laquelle les feuilles sont fixées, nous avons eu recours à l'analyse chimique. Notre but était de montrer que la nutrition de l'Insecte aux dépens de son hôte, si souvent invoquée pour expliquer son action, est insuffisante à elle seule pour justifier les désordres produits, en particulier un très important arrêt de la croissance, évalué en poids frais, à $19^{g},6$, en poids sec, à $6^{g},029$, et, en longueur, à 82^{cm}, en un temps relativement court (35 jours).

Les tiges parasitées par les Pucerons du 10 avril au 15 mai ont été débarrassées de ceux-ci par un insecticide; elles ont repris leur développement et nous avons expérimenté sur la partie saine qui s'est formée du 27 mai au 10 juin.

Nous avons donc fait l'analyse, en ce qui concerne l'azote, le phosphore et la potasse, des tissus des Insectes qui se sont nourris sur les tiges infectées, de ceux des tiges saines, des tiges parasitées et de leur partie développée du 27 mai au 10 juin. Les chiffres sont exprimés en grammes. Les tableaux I et II sont relatifs aux tiges saines et aux tiges parasitées, qui se sont développées du 10 avril au 15 mai 1947; le tableau III vise la partie saine formée du 27 mai au 10 juin.

Tableau I.

	Poids					
	frais.	sec.	N^2.	Protéine.	P^2O^5.	K^2O.
Tige témoin........	19,7	6,064	0,063065	0,394160	0,044267	0,272880
Tige contaminée expérimentalement.	0,1	0,035	0,000588	0,003675	0,000560	0,001956
Insectes...........	0,065	0,013	0,000884	0,005525	0,000379	0,000477

(1) Séance du 1er mars 1948.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1948, p. 746.

Tableau II (pour 100 de matière sèche).

	N^2.	Protéine.	P^2O^5.	K^2O.
Tige témoin	1,04	6,50	0,73	4,50
Tige contaminée	1,58	10,50	1,60	5,59
Insectes	6,80	42,50	2,92	3,65

Tableau III.

Longueur.	Poids frais.	Poids sec.	N^2.	Protéine.	P^2O^5.	K^2O.
15	4	0,929	0,022295	0,139350	0,014864	0,069024
Pour 100 de matière sèche			2,40	15	1,60	7,43

Bien que nous n'ayons pas poussé l'analyse plus loin, les chiffres précédents font bien ressortir que les différences considérables existant entre la tige témoin et celle qui est infectée et même entre cette dernière et sa partie développée du 27 mai au 10 juin ne peuvent être attribuées à la nutrition seule de l'insecte. Par contre, les quantités importantes d'acide indol-β-acétique trouvées dans celui-ci et les résultats expérimentaux indiqués dans notre Note précédente nous permettent de penser que les perturbations affectant la croissance des organes du Prunier attaqués par *Anurephis helichrysi* seraient dues à l'influence de cet acide.

Les multiples actions des phytohormones sont étroitement liées, d'une part, à la quantité de substance active introduite dans la cellule végétale et, d'autre part, à la sensibilité de celle-ci vis-à-vis des hormones de croissance. Il est ainsi possible de comprendre les réactions variées, qu'une même plante peut manifester à la suite de l'attaque d'organismes différents, ou que des végétaux distincts offrent à la suite de la piqûre du même Insecte.

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Obtention d'une lignée de* Nicotiana Tabacum L., *héréditairement stable, présentant le syndrome tératologique* énation, *réduit à ses manifestations foliaires.* Note (1) M. **Prosper Gisquet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Cette lignée, dite *énation* 701, résulte d'un croisement effectué en 1934 entre deux variétés de N. *Tabacum*, Java-Isère et Cabot.

Dans la deuxième génération (F. 2) de l'hybride, le syndrome énation apparut sur quelques plantes. L'une d'entre elles fut autofécondée et sa descendance suivie.

En (F. 3) deux types furent observés : le type énation (701) et un type sans énation (711) absolument normal. Dès 1939, les deux types étaient isolés et

(1) Séance du 1er mars 1948.

se montrèrent depuis parfaitement stables, la lignée 711 étant d'ailleurs cultivée dans un but industriel.

Le type énation 701 est caractérisé, par une taille assez haute, une tige plutôt grêle, des feuilles disposées horizontalement et des entre-nœuds assez longs. Les feuilles ont les marges fortement incurvées vers le haut; elles portent, sur leur face dorsale, des excroissances d'aspect foliacé, allongées, en général, selon la direction du rachis et des nervures secondaires, plus atténuées au niveau du limbe. Entre les nervures, le limbe présente des épaississements que l'on distingue nettement en regardant les feuilles par transparence.

Ce n'est qu'à partir de la 6e ou 7e feuille qu'on peut observer des ébauches d'excroissance; celles-ci s'accentuent au fur et à mesure qu'on s'élève sur la tige.

La fleur est toujours simple et la fécondité normale.

Les excroissances d'aspect foliacé observées chez l'énation 701 ressemblent à celles qui sont produites par certaines formes de *Krœpœck*, maladies à virus sévissant aux Indes Néerlandaises et qui peuvent se transmettre par la greffe ou par certains insectes.

Le cas semble différent pour l'énation 701, puisqu'il s'agit d'un caractère héréditaire, transmis par la graine de génération en génération et non transmissible par greffe ou par inoculation de sève.

L'étude anatomo-histologique, caryologique et génétique de ce cas typique d'énation à détermination génétique est actuellement en cours.

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Obtention de plantes polyploïdes par traitement a l'hexachlorocyclohexane et au sulfure de polychlorocyclane.* Note [1] de MM. **Pierre Quidet** et **Henri Hitier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours d'essais effectués en 1946 et 1947, à l'Institut expérimental des Tabacs de Bergerac, sur l'emploi d'insecticides à base d'hexachlorocyclohexane (H. C. H.) et de sulfure de polychlorocyclane (S. P. C.), nous avons constaté une influence marquée de ces produits sur la végétation du Tabac. Appliqués dans certaines conditions, ils provoquèrent des troubles de croissance graves.

De jeunes plantules de semis de *Nicotiana Tabacum* L. ($2n = 48$), traitées avec une poudre titrant 8 % de H. C. H., lorsqu'elles prenaient leur troisième ou quatrième feuille, subirent un ralentissement considérable de croissance et présentèrent, par la suite, des monstruosités rappelant celles des tabacs traités à la colchicine. Chez certaines plantes, des anomalies foliaires, plus ou moins accusées, persistèrent jusqu'à la floraison. L'étude caryologique des

(1) Séance du 1er mars 1948.

cellules mères du pollen au moment de la méiose montra que plusieurs de ces plantes avaient été rendues tétraploïdes ($4n = 96$).

Des traitements effectués sur des sujets plus âgés (8 à 10 feuilles), aussitôt après le repiquage en plein champ, par arrosage avec des bouillies contenant 0,2 % de H. C. H. ou 0,045 de S. P. C., entraînèrent la mort de nombreuses plantes et provoquèrent, chez celles qui subsistèrent, un retard dans la croissance et des déformations foliaires importantes. Toutefois, aucune d'elles ne fut rendue tétraploïde, le traitement ayant été fait trop tard pour que les modifications caryologiques eussent affecté l'ensemble du bourgeon terminal.

En vue de préciser le mode d'action du H. C. H. et du S. P. C. et de rechercher les conditions de leur emploi éventuel comme agents polyploïdisants, nous avons expérimenté ces produits sur les racines d'*Allium Cepa* ($2n = 16$).

Lorsqu'on plonge les extrémités de jeunes racines d'oignon, dont les méristèmes sont en voie de division active, dans une bouillie de H. C. H. ou de S.P.C. à 0,01 %, on observe, après fixation et coloration appropriées, des modifications des mitoses analogues à celles qui sont provoquées par un traitement effectué dans les mêmes conditions avec une solution de colchicine. Au stade de la métaphase, au lieu de se disposer en plaque équatoriale, les chromosomes restent dispersés dans la cavité cellulaire par suite de la destruction du fuseau. Puis ils se divisent et les chromosomes-fils, encore reliés par leurs centromères, forment une figure particulière caractéristique, la pseudo-métaphase. Au stade suivant, la pseudo-anaphase, les chromosomes-fils se séparent complètement, mais demeurent sur place et constituent, en définitive, un noyau à nombre double de chromosomes.

Si les racines sont traitées pendant un temps relativement court (1 heure 30 minutes par exemple), les cellules des méristèmes ne sont pas toutes modifiées. Pour rendre l'organe entièrement tétraploïde, le produit doit agir plus longtemps. A la concentration de 0,01 %, les bouillies ne sont d'ailleurs pas toxiques et le traitement peut, sans inconvénient, être poursuivi pendant plusieurs jours. Cependant, après une action prolongée, les racines sont fortement tuméfiées dans la région subterminale. L'examen caryologique montre que toutes les cellules sont polyploïdes. Certaines, même, ont été affectées au cours de plusieurs mitoses successives et comptent $4n$, $8n$, $16n$, ... chromosomes. Les noyaux au repos sont alors hypertrophiés et plus ou moins déformés et l'on peut observer des cellules multinucléées. En même temps les divisions deviennent plus rares.

Si, après un traitement modéré, on replonge les racines dans l'eau pure, les mitoses reprennent, en général, leur cours normal. Néanmoins, on observe encore quelques pseudométaphases, qui montrent la persistance de l'action des produits précédents.

Lorsque la concentration dépasse 0,05 % de H.C.H. ou S.P.C., les bouillies ont un effet toxique d'autant plus accusé que le produit est plus concentré et

que la température est plus élevée. Cette toxicité se traduit par le ramollissement et la mort des racines. L'examen caryologique montre des noyaux condensés sous forme de masses sphériques qui retiennent fortement les colorants (phénomène de pycnose).

Les mêmes produits, appliqués sous forme de poudres titrant 8 % de H.C.H. ou 14 % de S.P.C., à la base de bulbes d'oignon que l'on dispose ensuite sur des récipients contenant de l'eau pure, n'ont pas d'effet toxique sur les racines. Ces dernières, fortement tuméfiées, poussent lentement et sont rendues polyploïdes.

En résumé, le H.C.H. et le S.P.C. ont, sur les méristèmes d'*Allium Cepa* et des *Nicotiana*, une action polyploïdisante analogue à celle de la colchicine. Ils émettent des vapeurs qui favorisent leur diffusion et paraissent douées d'un pouvoir de pénétration considérable. Appliqués en poudrage ou en pulvérisation, à une dose convenable, sur des plantules suffisamment jeunes, ils permettent dans le cas des *Nicotiana* d'obtenir des mutants-polyploïdes par un procédé plus simple que l'emploi de la colchicine.

Les produits trop concentrés ont une action toxique sur les plantes et peuvent, dans certaines conditions (arrosage après repiquage par exemple), provoquer leur mort.

A cause des divers troubles qu'ils accasionnent, les insecticides à base de H.C.H. et de S.P.C. ne devront pas être employés, pendant le jeune âge, sur les plantes sensibles à leur action.

PHYTOCHIMIE. — *Cerbérine et nériifoline.*
Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

La cerbérine, hétéroside du groupe des digitaliques, a été retirée pour la première fois des fruits de *Cerbera Odollam* Gaertn. par de Vry. Plugge [1], qui a étudié avec soin cet hétéroside, lui a attribué la formule $C_{27}H_{40}O_8$. Tamaki Matsubara [2], par contre, lui assigne la formule $C_{29}H_{44}O_8$. Selon ce dernier auteur, la cerbérine serait formée par l'union d'un méthylpentose, le *cerbérose*, avec une génine isomère de la thévétigénine. T. Matsubara n'a pas isolé le cerbérose, mais en a préparé l'osazone. En 1942, K. K. Chen et F. A. Steldt [3] ont retiré d'amandes noircies de *C. Odollam*, de la cerbérine pour laquelle ils proposent la formule $C_{29}H_{46}O_8$. Par contre, dans des amandes fraîches, ils n'ont pas trouvé de cerbérine, mais un digitalique plus riche en oses : le *cerbéroside*.

Ayant eu à notre disposition une petite quantité d'amandes de *C. Odollam*,

(1) *Archiv. der Pharmazie*, **231**, 1893, p. 10.
(2) *Bull. chem. soc. Japan*, **12**, 1937, p. 436.
(3) *J. Pharmacol. exper. Therap. U. S. A.*, **76**, 1942, p. 167.

nous en avons étudié les digitaliques en utilisant les méthodes que nous avions employées pour les amandes de *Tanghinia* et de *Thevetia*. Nous venons seulement maintenant d'avoir connaissance du travail de Chen et Steldt. Aussi croyons-nous devoir relater les résultats que nous avons obtenus.

I. Nous avons observé, comme ces auteurs, que les amandes blanches ne renferment pas de cerbérine mais un hétéroside riche en oses que l'on peut aisément isoler, soit par la méthode au tanin, soit par celle qui utilise l'alcool butylique (Rendement : 4 à 5 %). A côté de cet hétéroside, on trouve un hétéroside non digitalique, qui est hydrolysé par les acides minéraux avec production d'une matière colorante noire; ces faits sont en tous points analogues à ceux qui ont été observés dans l'étude des amandes de *Tanghinia* et de *Thevetia*. Cette hydrolyse peut avoir lieu sous l'action des diastases des amandes; elle provoque alors leur noircissement.

II. L'hétéroside digitalique obtenu est aisément soluble dans l'eau. L'étude de l'action du suc digestif d'escargot sur les solutions aqueuses obtenues est particulièrement instructive : en effet, les diastases de ce suc provoquent la formation d'un nouvel hétéroside qui cristallise directement du milieu fermentaire en même temps qu'il y a production d'environ 50 % de glucose. Ce nouvel hétéroside s'est révélé identique à la nériifoline que nous avons obtenue, en particulier, par l'action des diastases de l'escargot sur la thévétine ([4]); les pouvoirs rotatoires de cet hétéroside sont identiques, dans l'alcool méthylique, le chloroforme, la pyridine à ceux de la nériifoline; il cristallise du chloroforme en retenant 30 % de solvant, comme la nériifoline. Nous avons d'ailleurs préparé à partir de cet hétéroside, la diacétylnériifoline ainsi que l'isonériifoline.

III. Nous avons alors provoqué artificiellement le noircissement des amandes de *Cerbera*. Du matériel obtenu, nous avons retiré sans difficulté une petite quantité de cerbérine identique à celle de Plugge, F 199-200°; $[\alpha]_D^{20} - 78°$ ($CHCl_3$).

Or le dosage, par la potasse alcoolique de la fonction lactonique de cette cerbérine nous amènerait à lui attribuer un poids moléculaire d'environ 300, alors que T. Matsubara considère que son poids moléculaire (méthode de Rast) doit être voisin de 550. Il faut en conclure que, dans la cerbérine, il y a un groupement autre que la fonction lactonique qui est susceptible d'être saponifié.

Nous avons alors été amené à acétyler la cerbérine : le produit obtenu est identique à la diacétylnériifoline; il faut donc en conclure que la cerbérine n'est autre que la monoacétylnériifoline que nous avons décrite (*loc. cit.*). La cerbérine aurait donc pour formule $C_{32}H_{48}O_9$.

IV. Il résulte de ces conclusions que le cerbérose doit être identifié au thévétose. Nous avons comparé les constantes données par T. Matsubara pour

---

([4]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 695.

la cerbérosazone F 121°, $[\alpha]_D^{21} + 62,5$ ($CHCl_3$), avec celles que nous avons obtenues pour la thévétosazone, elles sont identiques.

En résumé, on doit attribuer à la cerbérine la formule $C_{32}H_{44}O_9$; le cerbérose n'est pas un méthylpentose; mais un méthylméthoxpentose ([5]) identique au thévétose; la cerbérigénine est identique à la thévétigénine.

PHYSIOLOGIE. — *Efficacité comparée de la caséine et de ses acides aminés constitutifs pour la restauration physiologique du Rat blanc protéiprive : Gain de poids.* Note ([1]) de Mlle **Janine Bourgeat**, présentée par M. Robert Courrier.

Les récents travaux américains ont attiré l'attention sur une nouvelle substance, la strépogénine, qui est un facteur de croissance, tant pour les microorganismes que pour les animaux supérieurs. La strépogénine présente pour le Rat et la Souris une action physiologique analogue à celle de l'arginine; elle n'est pas strictement indispensable au développement, mais sa présence conditionne la croissance maxima. Certains protides, comme la caséine, en sont riches; d'autres en sont presque dépourvus, c'est le cas pour l'ovalbumine, qui est effectivement un médiocre aliment de croissance. La strépogénine est détruite par l'hydrolyse acide ou alcaline; ceci expliquerait pourquoi les hydrolysats chimiques de caséine, même complétés et renfermant ainsi la totalité des aminoacides constitutifs du produit naturel, présentent pour la croissance une efficacité moindre que la caséine. La strépogénine a été étudiée dans la croissance normale; or il résulte des travaux de Roche et col. que l'aptitude des protides alimentaires n'est pas la même pour la croissance et pour la restauration des animaux préalablement soumis à l'inanition protéique. Il nous a donc semblé intéressant de rechercher si la strépogénine jouait également un rôle dans ce dernier cas. Deux lots de six rats ont été soumis au régime suivant, pratiquement dépourvu d'azote : saccharose 81, dextrine 11, huile végétale 5, mélange salin 3, aneurine, riboflavine, acide pantothénique, pyridoxine, acide nicotinique, choline, acide paraminobenzoïque, acide folique, vitamines A, D et E. Cette ration évite théoriquement toute réfection intestinale et, à l'exception de biotine et d'inositol, renferme la totalité des vitamines B identifiées.

C'est sans doute en raison de ce bon équilibre vitaminique que nous avons pu maintenir les animaux à l'inanition protéique pendant huit semaines et plus, alors que, de l'avis d'autres travailleurs français, la restauration des rats protéiprives ne serait plus possible après un délai de six semaines environ.

Après huit semaines la perte moyenne de poids atteignait 50 % (51 % pour le lot 1, 48 % pour le lot 2). Nous avons alors étudié la restauration physio-

---

([5]) On peut effectivement doser un méthoxyle dans la cerbérine.

([1]) Séance du 1er mars 1948.

logique de ces animaux soit par la caséine brute (12 % d'azote) riche en strepogénine, soit par un hydrolysat sulfurique de caséine complété en tryptophane et cystine. Ce dernier produit peut être considéré comme un mélange d'acides aminés libres à l'exclusion de tout peptide ([2]). Dans les deux cas on réalise, à partir du régime précédemment décrit, une ration à 2,3 % d'azote. Les résultats peuvent se résumer ainsi :

Variations moyennes des poids (g).

	Avant I. P.	Après I. P.	Restauration							
Jours.......			3e.	6e.	12e.	15e.	18e.	24e.	33e.	42e.
Caséine......	174	84,8	94	113	132	148	171	192	229	252
Hydrolysat...	172	88,7	97	117	132	147	159	182	192	218

Les premiers jours de la régénération, il y a identité d'efficacité entre la caséine et son hydrolysat : mais dès le neuvième jour, la supériorité de la caséine se manifeste et va croissant : ainsi au quarante-deuxième jour, la différence entre les poids moyens des deux lots est significative et atteint 15 %. Le phénomène est encore plus frappant si l'on rapporte les gains de poids au gramme d'azote ingéré :

Efficacité du gramme d'azote ingéré (g).

Jours..........	3e.	6e.	9e.	12e.	15e.	18e.	21e.	24e.
Caséine........	16	20	18	17	15	14	14	13
Hydrolysat.....	11	16	16	14	13	12	12	12

Cette efficacité pour la reprise du poids a été calculée selon la formule $(Px - P_0)/Nx$, P étant le poids en grammes, N l'azote ingéré en grammes, P_0 le poids au moment de la mise en restauration, x le nombre de jours.

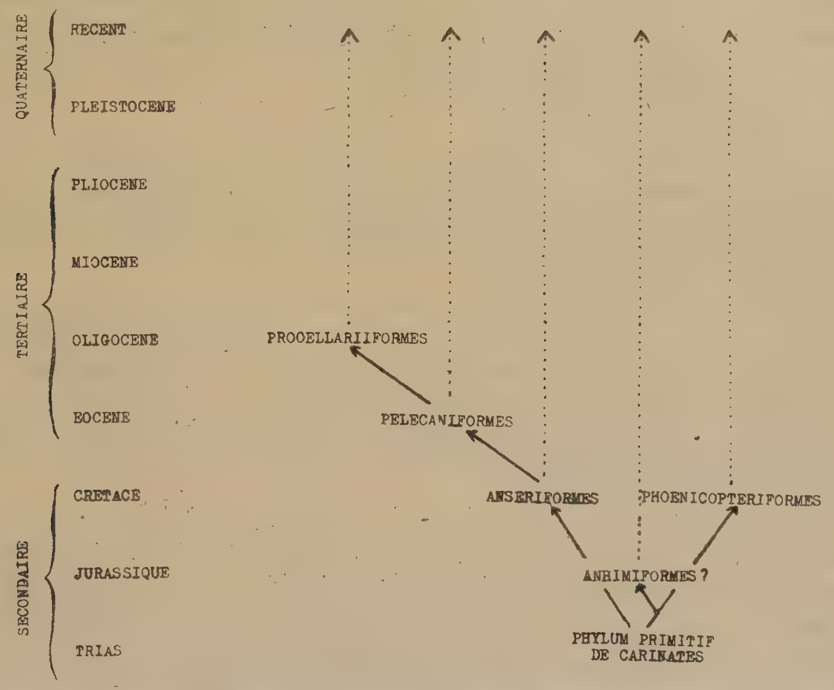
L'aptitude maxima du gramme d'azote se situe vers le sixième jour après un temps de latence, puis elle diminue progressivement; mais dans tous les cas, les valeurs observées avec la caséine sont supérieures à celles que donnent ses acides aminés constitutifs : la différence moyenne dépasse 20 %. La supériorité évidente de la caséine peut s'interpréter par la présence de strépogénine, qui serait donc un facteur de reconstitution tissulaire comme elle est un facteur de croissance proprement dit.

ORNITHOLOGIE. — *Sur les affinités de quelques groupes d'Oiseaux aquatiques.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

J. E. Cornay (1847), T. H. Huyley (1867), W. K. Parker (1876) et P. R. Lowe (1926) ont montré l'importance de certaines parties du squelette

([2]) Ce renseignement et l'hydrolysat lui-même nous ont été fournis par M. A.-L. Bacharach des Glaxo Laboratories.

de la tête (le Palais et le Quadratum, surtout) dans la classification des Oiseaux. Les résultats des recherches ostéologiques que j'ai poursuivies, au Museum, me permettent de préciser les rapports de quelques groupes de Carinates primitifs adaptés à la vie aquatique ([1]) : Anhimiformes, Phœnicoptériformes, Ansériformes, Pélécaniformes (Stéganopodes), Procellariiformes (*Tubinares*).



Répartition stratigraphique et affinités de quelques groupes de Carinates adaptés à la vie aquatique. La stratigraphie est établie d'après K. Lambrecht (1933).

Il est certain que, parmi les genres actuels, l'*Anhima* (Kamichi) et sa proche alliée, la *Chauna*, seules à posséder des côtes sans apophyse uncinée, sont extrêmement archaïques. Par l'étude du *Quadratum*, j'ai montré, ici même (1947), la position de ce petit groupe sud-américain auprès des Phœnicoptères (Flamants). Il s'agit d'Oiseaux vivant dans les régions humides, adaptés au vol et à la nage, bien que leurs doigts, allongés, ne présentent pas trace, entre eux, de membrane palmaire. De ceci il résulte qu'un phylum très ancien semble avoir donné naissance, d'une part, aux Anhimiformes et aux Phœnicoptériformes, d'autre part, aux Ansériformes (*Cygnus*, *Anser*, *Anas*, etc.), qui diffèrent des précédents par leur aspect extérieur, mais possèdent, avec eux, une série de caractères anatomiques communs.

([1]) P. R. Lowe estime (1933) que les plus nageurs des Oiseaux, les Impennés (Pingouins antarctiques) représentent un phylum distinct, à la fois, des Ratites et des Carinates.

Ainsi que je l'ai établi également (1948), il convient de rapprocher des Ansériformes une famille de Stéganopodes, la famille des *Plotidæ* (*Plotus*, *Phalacrocorax*, *Sula*), alors que l'autre famille, celle des *Pelecanidæ* (*Phaeton*, *Fregata*, *Pelecanus*), montre des affinités évidentes avec les *Tubinares*, « les plus marins de tous les Oiseaux qui fréquentent les hautes mers » (Buffon).

En dépit des lacunes de nos connaissances paléontologiques, l'évolution de l'avifaune, au cours des époques secondaire et tertiaire, vient corroborer les données de l'Anatomie comparée et met en évidence l'adaptation d'Oiseaux voiliers à une vie de plus en plus aquatique.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Action comparée de l'hexachlorocyclohexane* (H. C. H.) *et d'autres insecticides organiques de synthèse sur les chenilles processionnaires du Pin.* Note de MM. **Guy Viel** et **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Divers produits organiques de synthèse, récemment utilisés comme insecticides, présentent de remarquables propriétés toxicologiques vis-à-vis de nombreuses espèces. Il est important d'examiner, sur des insectes phytophages, l'intensité et les variations de cette action toxicologique, en fonction d'une série d'espèces diverses.

Dans ce but nous avons comparé sur les chenilles de la Processionnaire du Pin (*Thaumatopœa pityocampa* Schiff.), l'action des trois produits suivants : dichlorodiphényltrichloréthane (D. D. T.), ester mixte thiophosphorique diéthylique et de nitrophényl (S. N. P.) et hexachlorocyclohexane (H. C. H.). Ces chenilles, rencontrées en hiver au quatrième stade et à l'état de vie ralentie, pouvaient être rendues plus actives par un séjour à l'étuve à 20°-23° C. (humidité relative 25 à 35 %).

Dans nos essais, comprenant chacun 20 chenilles du dernier stade et s'alimentant normalement avant l'expérience, nous avons employé des poudres à 4,5 % de D. D. T., 2 % de S. N. P. et 5 % de H. C. H. Nous avons largement poudré les chenilles et les rameaux de Pin qui leur ont été donnés à consommer. Le tableau ci-contre indique les résultats obtenus.

L'action du D. D. T. se manifeste immédiatement, la mortalité totale n'est obtenue qu'après plusieurs jours. Avec le S. N. P., dont la toxicité sur les Vertébrés est élevée, la mortalité totale est plus rapidement obtenue, bien que, dans les premières heures qui suivent le traitement, certaines chenilles continuent à s'alimenter.

L'hexachlorocylochexane, qui possède une action insecticide de contact très forte vis-à-vis de nombreux parasites, n'a provoqué, au début de cet essai, qu'une très faible mortalité. Le développement et le comportement des chenilles survivantes s'est produit 23 jours après les essais dans les deux lots et nous avons obtenu 11 chrysalides dans le témoin et 14 dans le lot traité à

l'H. C. H. En ce qui concerne l'alimentation, il semble que ces dernières chenilles aient, relativement à celles du lot témoin, plus régulièrement et peut-être plus abondamment consommé les aiguilles de Pin qui leur étaient offertes.

Action de divers composés organiques sur la chenille de la Processionnaire du Pin.

Nature du produit.	Mortalité relative (%) (sur 20 chenilles) en : 24 h.	48 h.	3 jours.	6 jours.	Activité des chenilles après les traitements.
Témoin......	5	5	5	5	Consommation variable. Activité et groupements normaux.
D. D. T......	50	50	70	95	Consommation nulle. Les chenilles isolées, abandonnent les rameaux.
S. N. P......	70	95	100	–	Très faible consommation le premier jour. Les chenilles tombent rapidement des rameaux.
H. C. H......	5	10	10	10	Consommation homogène. Circulation et groupements normaux sur les rameaux.

En conclusion, dans les conditions de l'expérience, l'effet pharmacodynamique de l'hexachlorocyclohexane (H. C. H.), vis-à-vis des chenilles processionnaires du Pin, est très différent de celui qu'on observe le plus fréquemment et de celui des deux autres produits insecticides de synthèse étudiés (D. D. T. et S. N. P.). Ces chenilles se distinguent ainsi de nombreux autres insectes qui ont une sensibilité comparable aux trois composés organiques de synthèse considérés.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la polyembryonie expérimentale résultant de fissurations en croix du blastoderme non incubé de Cane.* Note de M. **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons récemment mis au point une technique de fissuration permettant d'obtenir la gémellité à partir de blastodermes non incubés de Cane ([1]), ([2]). Dans de nouvelles expériences, nous avons fait des fissurations en croix, c'est-à-dire une fissuration parallèle au grand axe de l'œuf, et la seconde perpendiculaire à la première. De cette façon, le blastoderme est divisé en quatre quartiers.

([1]) E. Wolff et H. Lutz, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1301-1302.
([2]) E. Wolff et H. Lutz, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 901-903.

Nombre d'opérations.	Non développés ou morts.	4 embryons.	3 embryons: 2 ant. 1 post.	3 embryons: 1 ant. 2 post.	1 ant. gauche 1 post. droit.	2 embryons parallèles.	1 embryon.
76.....	39	7	3	14	2	10	1

Sur 37 blastodermes qui se sont développés après opération, 24 présentent des formations embryonnaires multiples, 12 des formations embryonnaires doubles.

7 blastodermes ont donné 4 embryons à orientation céphalo-caudale variable; des combinaisons très diverses ont été obtenues; ainsi, dans un cas, 2 embryons sont opposés par la tête, tandis que les deux autres ont la même orientation. Les deux couples forment deux alignements parallèles. Dans un autre cas, deux des quatre embryons sont dirigés en sens inverse, et s'affrontent par leur extrémité caudale.

Dans 17 cas, 3 embryons se sont développés, à savoir : 2 embryons antérieurs et 1 postérieur dans 3 cas, 1 embryon antérieur et 2 postérieurs dans 14 cas. Leur orientation céphalo-caudale est variable.

Lorsque l'un des quartiers ne donne pas d'embryon, il se développe cependant une aire embryonnaire distincte avec des îlots sanguins. Dans 2 cas, 2 embryons se sont développés, à savoir : 1 embryon antérieur gauche et 1 postérieur droit. Dans 10 cas, 2 embryons parallèles se sont développés, les quartiers s'étant recollés deux à deux. Enfin dans un cas, un seul embryon s'est formé.

Il ressort de ces résultats que les 4 quartiers du blastoderme non incubé de Cane, aussi bien les secteurs antérieurs que les secteurs postérieurs, ont le même pouvoir organogène.

Conclusion. — La technique de fissuration en croix du blastoderme non incubé de Cane donne, dans les meilleures conditions, 4 embryons à orientation céphalo-caudale diverse.

BIOÉNERGÉTIQUE. — *L'énergétique de l'agonie.* Note de M. **Jean Giaja**, présentée par M. Paul Portier.

Quelle est la dépense énergétique de l'organisme homéotherme au cours de l'agonie et au moment de la mort? Quelle que soit la cause de celle-ci, on peut affirmer *a priori* que la consommation énergétique ne saurait baisser indéfiniment lorsque la vie est en train de s'éteindre, pour tomber à la valeur de zéro au moment du dernier souffle. Car tant que le cœur et l'appareil de la respiration fonctionnent, un certain minimum d'échanges énergétiques est exigé par ces fonctions; de plus il y a des échanges cellulaires (*l'énergie biologique fondamentale*), quantitativement de beaucoup les plus importants, et qui persistent même un certain temps après la mort. On doit s'attendre, par

conséquent, à ce que la vie s'éteigne à l'instar d'une flamme d'une certaine intensité que l'on souffle tout d'un coup.

Pour aborder cette question il est indispensable d'éliminer les effets que pourraient avoir sur l'intensité des échanges les variations de la température corporelle au cours de l'agonie, de l'hypothermie notamment, qui apparaît dans la plupart des cas. A cet effet on empêchera la température de l'organisme de sortir de ses limites normales par une température ambiante appropriée et l'on suivra la consommation d'oxygène, qui est une mesure suffisamment exacte des échanges énergétiques, au cours de l'agonie jusqu'à la mort produite par différentes causes.

Nous avons étudié de cette façon chez le Rat l'énergétique de l'agonie dans les cas suivants : asphyxie par diminution lente de la tension de l'oxygène, hémorragie, intoxication oxycarbonique, choc insulinique, urémie expérimentale, tumeurs expérimentales (benzopyrène).

Dans tous ces cas il ressort nettement que tant que la température du sujet est maintenue à son niveau normal, l'intensité des échanges énergétiques ne varie guère au cours de l'agonie, elle se maintient au niveau élevé de l'état normal jusqu'au dernier souffle ou jusqu'aux derniers moments précédant la mort. Dans les conditions de température corporelle normale le sujet ne peut s'accommoder d'échanges énergétiques réduits, et dès qu'il ne peut plus subvenir à ses besoins, la mort survient. Il y a dans ce cas un *tout ou rien* qui peut être formulé par la loi bioénergétique suivante : *tant que la température du substratum des réactions dont l'organisme est le siège est maintenue à son niveau normal, la vie de l'organisme homéotherme ne peut s'accommoder d'une consommation énergétique notablement inférieure à celle de l'état normal; aussi dans ces conditions, quelle que soit la cause de la mort, les échanges énergétiques se maintiennent à leur niveau élevé durant l'agonie, et la mort survient dès que l'organisme, pour une cause ou une autre, ne peut subvenir à cette exigence.*

Ces faits expliquent l'effet de défense qu'exerce l'hypothermie, effet que nous avons précédemment mis en évidence ([1]).

Dans tous les cas précédents l'hypothermie apparaît si l'on ne prend pas des mesures particulières pour l'empêcher, tandis que la consommation d'oxygène baisse constamment au cours de l'agonie en rapport avec le degré d'hypothermie. L'organisme pouvant dans ces conditions s'accommoder d'échanges énergétiques de plus en plus faibles, il peut subvenir à ce besoin réduit dans un état de déficience ne lui permettant pas de soutenir les échanges élevés imposés par la température du corps maintenue à son niveau normal. En effet, dans les cas étudiés (hémorragie, choc insulinique, urémie, tumeurs), suffisamment avancés, la suppression de l'hypothermie par réchauffement artificiel des sujets élève leur consommation d'oxygène et dès que celle-ci est

---

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 436-437.

arrivée à son niveau normal, la mort ne tarde pas à se produire. La température corporelle normale ne permettant pas à l'organisme de fonctionner *au ralenti*, elle lui est devenue fatale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'énergie de liaison de l'isohémagglutinine aux hématies.* Note [1] de Mme **Sabine Filitti-Wurmser**, Mme **Yvette Jacquot-Armand** et M. **René Wurmser**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La réversibilité du phénomène d'isohémagglutination a été démontrée précédemment [2]. On peut donc chercher à déterminer la chaleur de cette réaction à partir du coefficient de température de la constante d'équilibre. Une difficulté provient de ce que les grandeurs susceptibles d'être mesurées, taux d'agglutination et teneurs relatives en agglutinine, ne donnent pas d'information directe sur la nature des combinaisons qui s'établissent entre les hématies et l'agglutinine.

On peut cependant obtenir à partir des données expérimentales une valeur très probable de l'enthalpie, en admettant simplement que les hématies qui s'agglutinent sont celles qui ont fixé en moyenne au moins un nombre l de molécules d'agglutinine et en appliquant un raisonnement classique. S'il existe à la surface de chaque hématie m groupes capables de réagir réversiblement avec l'agglutinine A, il y aura une distribution des hématies HA_n portant un nombre n de molécules d'agglutinine, n variant de o à m. Ces molécules sont différemment placées sur les hématies : il y a des hématies HA_{n1}, HA_{n2}, etc. Chaque sorte HA_{ni} par une suite d'équilibres avec des hématies portant $(n-1), (n-2)\ldots$ molécules d'agglutinine, est en équilibre avec les hématies qui n'en portent pas, c'est-à-dire avec les hématies nues H toutes semblables à ce point de vue.

D'autre part les constantes de ces divers équilibres sont extrêmement voisines d'une certaine valeur K, car on peut se représenter les m groupes comme m molécules d'agglutinogène éparpillées à la surface de l'hématie.

La concentration des hématies HA_{ni} est

$$(HA_{ni}) = (H)\,[K\,(A)]^n,$$

(A) étant la concentration, supposée égale à l'activité, de l'agglutinine en solution, d'où, pour la concentration des hématies agglutinées, l'expression

$$(H) \sum_{n=l}^{n=m} \frac{m\,!}{n\,!\,(m-n)\,!}\,[K\,(A)]^n.$$

---

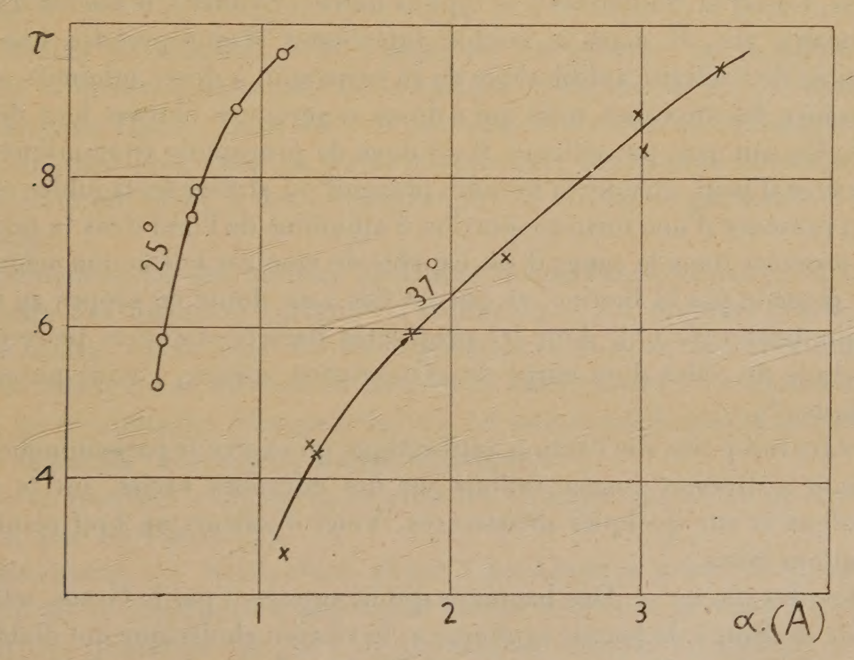
(1) Séance du 1er mars 1948.

(2) S. Filitti-Wurmser et Y. Jacquot-Armand, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 469. *Ibid.*, **141**, 1947, p. 575 et 577; S. Filitti-Wurmser et Y. Jacquot-Armand, *Arch. Sc. physiol.* (sous presse).

Quant à l'ensemble des hématies, leur concentration est exprimée par la même sommation, mais entre $n = 0$ et $n = m$, soit $[1 + K(A)]^m$, d'où pour le taux d'agglutination

$$\tau = [1 + K(A)]^{-m} \sum_{n=l}^{n=m} \frac{m!}{n!(m-n)!}[K(A)]^n.$$

La variation du taux d'agglutination, en fonction de la concentration d'agglutinine à une température donnée, peut être obtenue expérimentalement. On sait titrer l'agglutinine en valeurs relatives $\alpha(A)$ d'après le nombre maximum d'hématies agglutinées. On obtient la courbe $\tau = f[\alpha(A)]$ de la manière suivante : les valeurs de τ sont déterminées directement dans une première agglutination par numération des hématies restées libres dans les mélanges constitués par une quantité fixe de sérum et des quantités croissantes d'hématies. Les valeurs $\alpha(A)$ proviennent du titrage effectué par une série d'agglutinations pratiquées cette fois sur le liquide obtenu en centrifugeant chacun des mélanges ayant servi à la mesure de τ, après que l'équilibre d'agglutination a été atteint.



Les courbes de la figure ci-dessus représentent les résultats obtenus pour des agglutinations d'un même sérum du groupe A, à 25°C. et à 37°C. Dans les deux cas, les titrages de l'isoagglutinine restant dans le centrifugat sont effectués à une même température, 4°C., afin que α soit une constante.

On détermine à partir de ces courbes le rapport des valeurs de K à 25° C. et à 37° C., en faisant comme seule hypothèse que le nombre l ne varie pas ou varie très peu avec la température. Ce rapport K_{25}/K_{37} est égal au rapport

$\alpha(A)_{37}/\alpha(A)_{25}$ des concentrations relatives d'agglutinines pour un même taux d'agglutination.

La valeur trouvée dans nos expériences est $3,5 \pm 0,2$, ce qui correspond à une enthalpie de — 19000 calories.

En supposant que la liaison de l'agglutinine à l'hématie se fait par des liaisons hydrogène, cette énergie correspond à 3 ou 4 de ces liaisons par molécule d'agglutinine.

MICROBIOLOGIE. — *Les propriétés bactériostatiques du paraaminobenzoate de sodium.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Jean Solomidès**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les dérivés paraaminobenzoïques, capables de renforcer notablement l'action de la pénicilline et de la streptomycine sur le colibacille ([1]) et l'action de la pénicilline sur le bacille tuberculeux ([2]), jouissent aussi des propriétés bactériostatiques propres qui ont été signalées notamment sur le colibacille (Strauss, Lecoq et Solomidès), le typhus murin (Sydner), le bacille d'Eberth (Di Fonzo), etc. Il nous a semblé intéressant d'entreprendre une étude d'ensemble de l'activité antibiotique de ce corps qui, à doses minimes, stimule la croissance des microbes, mais qui à doses supérieures entrave leur développement. On sait que, par ailleurs, il est doué de propriétés vitaminiques H et qu'à ce titre il peut, comme la biotine, prévenir ou arrêter les troubles nutritifs dus à la présence d'une forte proportion d'albumine de l'œuf dans la ration ([3]); par sa présence dans le sang, il est capable de montrer une action acidosique, que ne possède pas la biotine, et qui est liée sans doute en propre au radical paraaminobenzoïque ([4]), dont les propriétés bactériostatiques peuvent être rapprochées de celles d'un corps de composition voisine, l'acide paraaminosalicylique ([5]).

Notre travail porte sur l'action antibiotique qu'exerce le paraaminobenzoate de sodium à diverses concentrations sur des microbes variés, sur le bacille tuberculeux et sur quelques moisissures. Voici d'ailleurs un bref résumé des observations faites :

1. *Microbes divers.* — Des bactéries qui ne prennent pas le Gram, telles que le bacille de Shiga, le bacille typhique et le vibrion cholérique ont d'abord été soumises à l'action du paraaminobenzoate de sodium. A cet effet, des tubes

---

([1]) R. Lecoq et J. Solomidès, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1392.

([2]) R. Lecoq (Observations inédites)

([3]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 274.

([4]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **14**, février 1948.

([5]) J. Lehmann, *Rev. Gén. Sciences*, **54**, 1947, p. 222.

de bouillon ordinaire contenant respectivement 1/100, 1/130, 1/150, 1/250 et 1/500 de paraaminobenzoate de sodium ont été ensemencés avec $0^{cm^3},1$ d'une culture de 24 heures d'un des microbes cités, préalablement diluée à 10000 dans du bouillon ordinaire.

Les résultats des cultures furent ensuite notés après 18 à 20 heures d'étuve à 37° et l'on peut les résumer comme il suit :

	Dilution bactériostatique active :
Bacille de Shiga	1/150
Bacille typhique	1/250
Vibrion cholérique	1/130

D'autre part, nous avons étudié l'action du paraaminobenzoate de sodium sur le développement de quelques bactéries prenant le Gram : *Bacillus subtilis* et bacille diphtérique; mais nous n'avons pu mettre en évidence de pouvoir bactériostatique sensible vis-à-vis de ces germes.

Le staphylocoque et le streptocoque se sont également montrés réfractaires à l'action du paraaminobenzoate de sodium, même à des dilutions de l'ordre de 1/100.

II. *Bacilles tuberculeux.* — Des essais ont été effectués sur bouillon glycériné, par la méthode habituelle de la culture en surface, et sur les milieux de Besredka et de Dubos. Dans les trois cas, nous avons obtenu constamment une inhibition à peu près complète du développement des bacilles tuberculeux, du type humain ou bovin, à des concentrations de 1/1000 de paraaminobenzoate de sodium.

L'ensemencement des milieux de Dubos ou de Besredka, auxquels avaient été ajoutés des quantités variables d'antibiotique, fut toujours pratiqué avec $0^{mg},1$ de bacille tuberculeux. Le développement en milieux de Dubos semble un peu plus rapide qu'en milieux de Besredka; mais après 12 à 15 jours d'observation, les résultats des titrages faits dans les mêmes conditions et avec la même souche de bacille tuberculeux étaient identiques.

Ainsi se trouvent confirmées *in vitro* les observations faites *in vivo* sur le Cobaye, par Di Fonzo [6].

II. *Moisissures.* — Nous avons choisi l'*Actinomyces griseus* et l'*Aspergillus niger* qui furent repiqués sur milieux à l'extrait de viande glucosés à 1/100, renfermant des quantités variables de paraaminobenzoate de sodium allant de 1/100 à 1/500. L'ensemencement de tous les tubes contenant le milieu de culture, additionné ou non de paraaminobenzoate de sodium, fut effectué avec $0^{cm^3},1$ d'une suspension sporulaire obtenue avec 10^{cm^3} d'eau distillée et le produit de cultures faites sur milieux de Waksman gélosé (pour l'*Actinomyces griseus*) ou de Sabouraud (pour l'*Aspergillus niger*).

---

[6] *Il Farmaco*, 2, 1947, p. 287.

Les résultats ont été notés après dix jours de séjour à l'étuve à 28° pour l'*Actinomyces griseus* ou à la température du laboratoire pour l'*Aspergillus niger*. Une inhibition à peu près complète fut encore observée pour l'*Actinomyces griseus* à une dilution de 1/250 de paraaminobenzoate de sodium; mais aucune action inhibitrice ne s'est manifestée sur l'*Aspergillus niger*.

Conclusions. — A des dilutions de 1/130 à 1/250, le paraaminobenzoate de sodium apparaît doué de propriétés bactériostatiques nettes qui ne s'observent pas seulement sur les cultures de colibacilles et de bacilles d'Eberth, mais encore sur les cultures de bacille dysentérique de Shiga et de vibrion cholérique, microbes à Gram négatif.

Par contre, les cocci et bactéries à Gram positif, tels que staphylocoque, streptocoque, *Bacillus subtilis* et le bacille diphtérique, ne sont pas influencés, même par des dilutions à 1/100.

Le développement du bacille tuberculeux, humain ou bovin, se trouve inhibé à des dilutions particulièrement faibles, de l'ordre de 1/1000.

Sur les moisissures, l'action du paraaminobenzoate de sodium est variable : la croissance de l'*Actinomyces griseus* est arrêtée avec des dilutions à 1/250 alors que l'*Aspergillus niger* se montre réfractaire.

La séance est levée à $16^h 5^m$.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 22 décembre 1947.)

Note de M. *Gaston Dupouy*, Nouveau type de galvanomètre à cadre mobile à sensibilité réglable :

Page 1292, ligne 19, *au lieu de* (résistance interne : 350 Ω), *lire* (résistance interne : 35 Ω).

(Séance du 26 janvier 1948.)

Note de MM. *Pierre Auger*, *Jean Daudin*, *André Fréon* et *Roland Maze*, Sur l'explication d'un ensemble de faits expérimentaux par l'existence d'une particule intermédiaire légère dans les grandes gerbes du rayonnement cosmique :

Page 570, 2e ligne du tableau, *au lieu de* 10^{10}, *lire* 10^{9}.